ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 2 (23)

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

Заместители главного редактора:
доктор технических наук
профессор
И. В. Ковалев

доктор технических наук
профессор
Л. Г. Шаймарданов

Редакционная коллегия:
С. С. Аплеснин
Е. Н. Головенкин
Ю. В. Ерыгин
М. В. Краев
В. Д. Лаптенок
А. Н. Ловчиков
А. В. Медведев
В. В. Москвичев
В. А. Охорзин
К. Г. Охоткин (отв. секретарь)
С. И. Сенашов
В. Г. Сомов

Учредитель
Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2009
© Коллектив авторов, 2009

К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

«Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева» (Вестник СибГАУ) – межрегиональный научный журнал, содержащий результаты научных исследований в области естественных, технических и прикладных наук по вопросам проектирования, производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также экономики

Представленные в журнал статьи публикуются после обязательного рецензирования и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.vestnik.sibsau.ru)

Периодичность – 4 раза в год
Специальный выпуск – 1 раз в год

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки – http: //www.elibrary.ru и сайте журнала (www.vestnik.sibsau.ru)

Журнал включен в каталоги:
российской прессы «Роспечать» (МАП) – 11399;
объединенный «Пресса России» – 39263

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, 660014, Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий, 31, П-415
Тел./факс (391)291-90-19
E-mail: vestnik@sibsau.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникации и охраны культурного наследия, свидетельство ПИ № ФС77-22189 от 27.10.2005 г.

Журнал включен ВАК России в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук»

При перепечатке или цитировании материалов из журнала «Вестник СибГАУ» ссылка обязательна

Редакторы Е. Г. Некрасова, Т. А. Ермолаева, Т. Е. Ильющенко, А. И. Эберле, О. А. Плехова
Редактор английского текста М. В. Карасева
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 25.06.2009. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 38,6.
Уч.-изд. л. 70,0. Тираж 1000 экз. С 70/9.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии ИП Суховольской Ю. П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

УДК 62-506.1

О. В. Шестернева, Т. В. Мальцева

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Рассматривается авторский метод построения математической модели линейного динамического объекта, описываемого обыкновенным дифференциальным уравнением. Предлагаемый подход основан на предварительном определении порядка дифференциального уравнения объекта методами непараметрического моделирования и позволяет строить адекватные модели динамических объектов с меньшими затратами средств вычислительной техники.

Ключевые слова: модель линейного динамического объекта, оценка Надарая–Ватсона, коэффициент размытости, адекватность модели.

В современном мире множество технологических процессов, а также экономических и социальных систем могут быть представлены как некий линейный динамический объект, поэтому проблема создания адекватных математических моделей линейных динамических объектов является весьма актуальной. Существуют различные методы, решающие эту задачу, однако сам процесс моделирования зачастую достаточно трудоемкий (в основном за счет сложности выбора структуры модели) и требует больших затрат. В настоящей статье предложен подход, позволяющий упростить процесс выбора структуры модели объекта путем сочетания непараметрических и параметрических методов математического моделирования. Идея заключается в предварительном определении порядка дифференциального уравнения, описывающего объект, и последующем использовании полученной информации в создании параметрической модели. Порядок уравнения предлагается определять путем построения регрессионной непараметрической модели между входными и выходными сигналами объекта, после чего задача моделирования сводится к определению значений параметров параметрической модели известными методами, например, методом наименьших квадратов.

Построение непараметрической оценки регрессии. Прежде всего, необходимо указать, какой априорной информацией об объекте располагает исследователь. В данной работе рассматриваются объекты (процессы), относящиеся к классу линейных динамических (эти сведения априори имеются). Какой-либо другой информации о структуре объекта нет. Предполагается также, что существует возможность измерения входного сигнала $\overline{u}$, поступающего на объект (объект представляет собой лишь некоторую часть более сложного процесса, в который исследователь не вмешивается, таким образом, поступающие на вход объекта данные не зависят от воли экспериментатора и могут быть лишь измерены), а также сигнала, полученного на выходе x (реакция объекта на входное воздействие). Измерения производятся в моменты времени $t(i)$ со случайными помехами. Данные измерений формируют обучающую выборку $\{\overline{u}(i), x(i)\}$, $i = \overline{1,n}$ некоторого объема n, которая в дальнейшем будет являться единственной априорной информацией об объекте.

Остановимся кратко на вопросе построения непараметрической оценки кривой регрессии. Принципиальное отличие таких методов оценивания от параметрических заключается в том, что последние требуют знание структуры исследуемого объекта (процесса) с точностью до набора параметров и направлены на определение неизвестных параметров (при этом используются выборочные данные). Непараметрический подход позволяет отказаться от выбора структуры объекта и требует только наличия адекватной информативной выборки. В данной работе используется понятие непараметрической оценки регрессии, аппроксимирующей неизвестные стохастические зависимости по наблюдениям. Ставится задача построения оценки неизвестной зависимости между входным и выходным сигналами объекта при любом входном значении сигнала (априори вид стохастической зависимости не задан, предполагается, что она однозначная).

Непараметрическая (ядерная) оценка регрессии, основанная на использовании широко известной оценки плотности распределения Розенблатта–Парзена [1; 2], носит имя Надарая–Ватсона и имеет вид [3; 4]

$$x_n(u) = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \Phi\left(\frac{u-u(i)}{h}\right) \Big/ \Big/ \sum_{i=1}^{n} \Phi\left(\frac{u-u(i)}{h}\right). \quad (1)$$

Идея, лежащая в основе выражения (1), состоит в придании относительно большего веса наблюдениям, ближайшим к оцениваемой точке в смысле расстояния, определяемого ядром $\Phi(\cdot)$.

Функция $\Phi(\cdot)$ – ядро (колоколообразная, дельтаобразная функция) – удовлетворяет некоторым условиям сходимости [5], влияние же вида ядра на точность оценивания незначительно. В данной работе использовалось параболическое ядро:

$$\Phi(z) = \begin{cases} 0,75 \cdot (1-z)^2, & |z| \le 1, \\ 0, & |z| \ge 1. \end{cases}$$

Параметр h в формуле (1) – коэффициент размытости, настройка которого производится согласно условию минимума среднеквадратичного критерия методом скользящего экзамена (по всей выборке, за исключением одной точки, вычисляется оценка регрессии (1), а в этой точке осуществляется проверка качества оценки). Заметим, что с ростом h сглаживающие свойства оценки нарастают, по h для каждого конечного объема выборки

существует некоторый оптимум (при малых h оценка представляет собой набор непересекающихся или слабо пересекающихся дельтаобразных функций и теряет свой смысл, а при больших h оценка становится сильно сглаженной и не отражает индивидуальных особенностей оцениваемой зависимости).

Доказана состоятельность оценки (1), а в случае выполнения двух условий для параметра размытости [1; 6; 7]:

$$h(n) \underset{n\to\infty}{\to} 0, \quad n \cdot h(n) \underset{n\to\infty}{\to} \infty,$$

приведенная оценка является также асимптотически несмещенной и асимптотически нормально распределенной. Зависимость коэффициента размытости от объема выборки n имеет вид

$$h(n) = c \cdot n^{-q}, \tag{2}$$

где $0 < q < 1; 0 < c < \infty$.

При использовании квадратичного критерия наилучшего соответствия [6] было получено, что $q = 1/(m+4)$, где m – размерность вектора u (число входных воздействий). Таким образом, настройка коэффициента размытости сводится к настройке параметра c.

Для многомерного входа оценка (1) имеет вид [1; 6]

$$x_n^k(\bar{u}) = \sum_{i=1}^{n} x^k(i) \cdot \prod_{j=1}^{m} \Phi\left(\frac{u^j - u^j(i)}{h^j}\right) \Bigg/ \Bigg/ \sum_{i=1}^{n} \prod_{j=1}^{m} \Phi\left(\frac{u^j - u^j(i)}{h^j}\right). \tag{3}$$

Настройка значений коэффициентов размытости в выражении (3) осуществляется одним из методов оптимизации путем минимизации среднеквадратичного критерия, который с учетом формулы (2) принимает следующий вид:

$$W(\bar{c}) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x(i) - x_n^i(\bar{u}, \bar{c}))^2 \to \min_{\bar{c}}. \tag{4}$$

В настоящей работе использовался метод случайного спуска, где в качестве алгоритма поиска локального минимума был выбран последовательный симплексный метод [7; 8].

Определение порядка дифференциального уравнения объекта. Первая часть предложенного в работе метода построения математической модели линейного динамического объекта основана на определении порядка дифференциального уравнения, описывающего объект исследования, используя методы непараметрической аппроксимации стохастической зависимости входного (в общем случае входных) и выходного (выходных) сигналов. По выборочным данным строится непараметрическая оценка регрессии (2), где в качестве аргументов используется как входное воздействие на текущем шаге, так и значения выходного сигнала на предыдущих шагах. Такой подход позволяет учитывать динамику объекта, так как значения выходного сигнала объекта на нескольких шагах, являясь аргументами оценки регрессии (2) на последующих шагах, влияют на оценку выхода. Число предыдущих шагов, включаемых в модель, является аналогом порядка дифференциального уравнения: чем выше порядок, тем длиннее период функционирования объекта, влияющий на последующее его поведение, и тем больше данных, полученных на предыдущих шагах, необходимо учитывать.

Первоначально по выборке строится оценка регрессии (3), где в качестве аргументов используются входной (входные) и выходной сигналы объекта, а также значение выхода объекта в предыдущий момент времени (двумерная оценка регрессии). Минимизация критерия (4) по двум параметрам дает оптимальные значения коэффициентов размытости, а значение критерия является минимальной среднеквадратичной ошибкой и может быть использовано как показатель адекватности построенной непараметрической модели объекта (если это значение устраивает исследователя, то модель принимается).

Далее строятся непараметрические оценки регрессии вида (3), учитывающие все большее и большее число s предыдущих выходных сигналов (которые выступают в (3) в качестве аргументов x^j). В общем виде такой подход может выглядеть следующим образом:

$$\hat{x}(t, u, x(t-j)) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot \Phi\left(\frac{u - u(i)}{h_u}\right) \times \prod_{j=1}^{s} \Phi\left(\frac{x(t-j) - x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \Phi\left(\frac{u - u(i)}{h_u}\right) \times \prod_{j=1}^{s} \Phi\left(\frac{x(t-j) - x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right)}. \tag{5}$$

Кроме того, в данной работе была сделана попытка оценить не только порядок производной s в левой части дифференциального уравнения, описывающего объект, но также порядок производной по управлению r (правая часть дифференциального уравнения), с учетом этого формула (5) будет преобразована к виду

$$\hat{x}(t, u, x(t-j), u(t-k)) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x(i) \cdot \Phi\left(\frac{u - u(i)}{h_u}\right) \times \prod_{j=1}^{s} \Phi\left(\frac{x(t-j) - x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right) \times \prod_{k=1}^{r} \Phi\left(\frac{u(t-k) - u(t(i)-k)}{h_{u(t-k)}}\right)}{\sum_{i=1}^{n} \Phi\left(\frac{u - u(i)}{h_u}\right) \times \prod_{j=1}^{s} \Phi\left(\frac{x(t-j) - x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right) \times \prod_{k=1}^{r} \Phi\left(\frac{u(t-k) - u(t(i)-k)}{h_{u(t-k)}}\right)}.$$

В конечном счете, вход и выход объекта зависит от времени, таким образом, можно переписать непараметрическую модель в виде

$$\hat{x}(t)=\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i\cdot\Phi\left(\frac{u(t)-u(i)}{h_u}\right)\times \prod_{j=1}^{s}\Phi\left(\frac{x(t-j)-x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right)\times \prod_{k=1}^{r}\Phi\left(\frac{u(t-k)-u(t(i)-k)}{h_{u(t-k)}}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\Phi\left(\frac{u(t)-u(i)}{h_u}\right)\times \prod_{j=1}^{s}\Phi\left(\frac{x(t-j)-x(t(i)-j)}{h_{x(t-j)}}\right)\times \prod_{k=1}^{r}\Phi\left(\frac{u(t-k)-u(t(i)-k)}{h_{u(t-k)}}\right)}, \quad (6)$$

и с учетом этого выводить график выхода модели: сама модель описывается множественной регрессией, однако, все ее входные воздействия зависят от времени, поэтому поведение модели будет рассматриваться в различные периоды времени, без указания ее входных воздействий.

Для проверки предлагаемого алгоритма была проведена имитация линейного динамического объекта, в результате чего получена выборка зашумленных значений входного и выходного сигналов некоторого объема. Помеха накладывалась следующим образом: измерялся интервал изменения сигнальной части Δ, задавался уровень помех ρ (от 0 до 1). С помощью генератора случайных чисел формировался вектор (размерность вектора совпадала с объемом выборки) значений равномерно распределенной на интервале $[-\Delta\cdot\rho;\ \Delta\cdot\rho]$ случайной величины, который впоследствии складывался с вектором значений сигнальной части.

Имитируемый объект описывался дифференциальным уравнением третьего порядка

$$a_3\cdot\frac{d^3x(t)}{dt^3}+a_2\cdot\frac{d^2x(t)}{dt^2}+ +a_1\cdot\frac{dx(t)}{dt}+a_0\cdot x(t)=b_0\cdot u(t), \quad (7)$$
$$\bar{a}=[1;1;2;1],\ \ b_0=2,$$

что априори предполагалось неизвестным. Информация об уровне помех отсутствовала. По выборочным данным было проведено непараметрическое исследование порядка дифференциального уравнения путем построения моделей (6), графические результаты которого приведены на рис. 1, а численные значения критерия (4) сведены в табл. 1.

Наилучшее (минимальное) значение среднеквадратичного критерия достигнуто при учете двух предыдущих шагов, что соответствует второму порядку дифференциального уравнения, однако, следует заметить, что это значение практически такое же, как и в случае трех предыдущих шагов, включаемых в модель (аналог дифференциального уравнения третьего порядка).

Были проведены исследования работы алгоритма для разного уровня помехи, действующей в каналах измерений, а также для различного объема и информативности выборки (частота дискретных измерений входного и выходного сигналов). Эти данные представлены в табл. 2, 3.

Согласно данным табл. 2 в случае достаточно часто снимаемых измерений (выборка в этом случае является более информативной и позволяет лучше прослеживать динамику объекта моделирования) наименьшее значение среднеквадратичного критерия достигается при включении в модель трех предыдущих измерений выхода объекта. Это соответствует третьему порядку дифференциального уравнения (напомним, что сымитированный объект описывался дифференциальным уравнением третьего порядка). При увеличении шага дискретизации измерений динамика прослеживается хуже, что влияет на точность определения порядка дифференциального уравнения. Тем не менее, определяемый порядок близок к истинному, и полученная модель даже в таких случаях является адекватной.

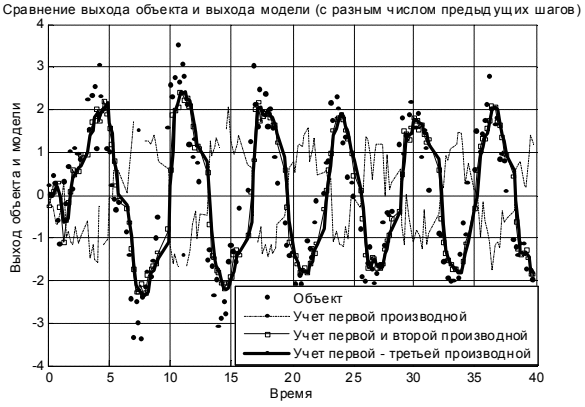


Рис. 1. Результаты непараметрического моделирования

Работоспособность предлагаемого метода проверена также для случая разного уровня помех, действующих в каналах измерений. Был рассмотрен случай отсутствия помех, а также случаи незначительной (10 % от полезного сигнала) и большой (80 %) помехи (табл. 3).

В тех случаях, когда помеха небольшая либо вовсе отсутствует, определяемый порядок дифференциального уравнения, описывающего поведение исследуемого объекта, совпадает с истинным. При большой помехе качество выборочных данных снижается, что приводит к снижению точности определения порядка (отметим, что большие помехи создают дополнительные трудности построения адекватной модели объекта и в случае других часто применяемых методов моделирования).

Таким образом, основным фактором, влияющим на работоспособность предлагаемого метода определения порядка, является качество (информативность, точность) выборочных данных, что естественно, так как выборка – это единственная априорная информация, которой обладает исследователь. Однако даже в случае несовпадения истинного и получаемого порядка дифференциального уравнения, построенная модель может оказаться адекватной, например, за счет проверки значимости коэффициентов. Следует также отметить, что на практике истинный порядок дифференциального уравнения неизвестен, что зачастую приводит к ошибкам выбора структуры модели, тем не менее, если результаты моделирования устраивают заказчиков, модель принимается.

Построение параметрической модели объекта. Проверка адекватности. Последним этапом предлагаемого

метода является построение параметрической модели объекта. В частности, так как структура модели определена ранее методами непараметрического моделирования, задача сводится к нахождению оценок неизвестных параметров модели. Представим структуру модели (дифференциальное уравнение, известное с точностью до параметров) в виде разностного уравнения, так как этот тип модели является наиболее простым, но имеет довольно общий характер [9]. Применяя метод наименьших квадратов (в работе рассматривался наиболее простой случай некоррелированных равноточных измерений), получим уравнение для вектора оптимальных оценок параметров модели [7; 9].

В частном случае, когда объект описывался дифференциальным уравнением (7), непараметрические модели приведены на рис. 1, а параметрическая структура модели имела вид (наименьшее значение среднеквадратичный критерий (4) принимал при включении в модель трех предыдущих выходов объекта, см. табл. 2 для шага 0,2)

$$\alpha_3 \cdot \frac{d^3x(t)}{dt^3} + \alpha_2 \cdot \frac{d^2x(t)}{dt^2} + \\ + \alpha_1 \cdot \frac{dx(t)}{dt} + \alpha_0 \cdot x(t) = \beta_0 \cdot u(t), \quad (8)$$

где $\overline{\alpha} = [\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3]$; β_0 – оценки истинных параметров объекта, процедура МНК дала следующие значения параметров модели:

$$\overline{\alpha} = [1,\ 1{,}01,\ 1{,}9,\ 1{,}002], \beta_0 = 1{,}98. \quad (9)$$

Выход полученной модели x_{model} при выбранной структуре (9) и найденных параметрах (10) приведен на рис. 2, в сравнении с выборочными данными.

Наконец, ставится вопрос об адекватности полученной модели. Данная проверка может быть осуществлена по одному из многочисленных критериев адекватности модели регрессии (см. разделы регрессионного и дисперсионного анализа в работе [10]). В данной работе в качестве характеристики точности подбора параметрической модели регрессии являлось так называемое значение R^2, которое в общем случае определяется формулой [10]

$$R^2 = \sum_{i=1}^{n} (x^i_{\text{model}} - \overline{x})^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2,$$

где числитель представляет собой сумму квадратов, обусловленную регрессией, знаменатель – общую сумму квадратов, скорректированную на среднее $\overline{x}$. Понятие сумм квадратов вводится для учета разброса (дисперсии) данных [10].

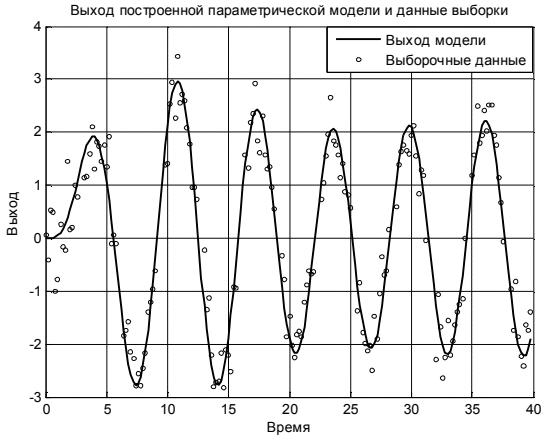


Рис. 2. Выход параметрической модели и данные выборки

Таблица 1

Зависимость величины среднеквадратичной шибки моделирования от числа учитываемых предыдущих измерений выхода объекта

Число предыдущих измерений выхода объекта, включаемых в модель	1	2	3	4	5
Значение среднеквадратичного критерия	1,319 3	0,337 3	0,339 1	0,417 2	0,451 1

Таблица 2

Зависимость среднеквадратичной ошибки моделирования от числа учитываемых в модели шагов

Шаг дискретизации измерений \ Число измерений выхода в модели	1	2	3	4	5
0,1	2,584 8	0,180 2	0,104 5	0,235 3	0,273 0
0,2	1,319 3	0,339 3	0,312 3	0,417 2	0,451 1
0,4	1,190 9	0,609 8	0,617 8	0,818 9	0,893 6
0,8	1,043 5	1,144 7	1,425 2	1,510 6	1,526 3
1	1,901 3	1,656 6	1,983 6	1,865 2	1,769 5
2	1,912 0	2,134 4	2,172 0	1,659 4	1,652 1

Таблица 3

Поведение среднеквадратичной ошибки моделирования в зависимости от уровня помехи

Уровень помехи, % \ Число измерений выхода в модели	1	2	3	4	5
0	2,025 5	0,150 1	0,145 7	0,209 3	0,250 2
10	2,584 8	0,180 2	0,164 5	0,235 3	0,273 0
80	2,775 3	1,421 6	1,360 9	1,304 0	1,303 0

Значение R^2 представляет собой меру «вклада кривой модели регрессии в общее отклонение от среднего» [10] и часто выражается в процентах (чем ближе значение R^2 к 1, тем лучше подобранная модель описывает объект).

Во всех рассмотренных случаях модель оказывалась адекватной (в случае, изображенном на рис. 2, $R^2 = 0{,}903\,3$). Однако, при больших помехах, когда порядок был определен как пятый, коэффициенты при старших производных были близки к нулю (по сравнению с остальными), и исключение из модели соответствующих членов не повлияло на ее адекватность. Осуществление проверки значимости коэффициентов в некоторых случаях позволяет упростить получаемую модель (существует множество статистических пакетов обработки данных, позволяющих осуществлять проверку значимости коэффициентов и адекватности регрессии различными методами).

Проверка также может быть сделана на основании F-критерия или t-критерия значимости регрессии [10], где выбор уровня значимости предоставляется исследователю.

Таким образом, в работе исследован метод построения параметрической модели линейного динамического объекта, базирующийся на непараметрическом подходе предварительного определения структуры модели. По сравнению с наиболее распространенным способом выбора структуры (перебор всех возможных вариантов) предлагаемый метод требует значительно меньше машинного времени, а лежащие в его основе расчеты гораздо проще (построение непараметрической модели во многих случаях является задачей менее сложной, нежели выбор структуры модели и настройка ее параметров, особенно в случае высоких порядков дифференциальных уравнений). Кроме того, не требуется постановка эксперимента (создания оптимальных планов покачивания), которая на многих реальных объектах является дорогостоящей либо вовсе невозможна. Измерение значений входных и выходных сигналов (являющееся единственной необходимой информацией для построения модели) в настоящее время не представляет особой проблемы, даже в случае малоинформативной обучающей выборки (небольшой объем) построенная модель оказывалась адекватной. Проверена работоспособность алгоритма и в случае сильного зашумления снимаемых данных. Вопрос о выбросах не рассматривался, тем не менее, предполагается возможность использования робастных непараметрических оценок для более точного определения порядка дифференциального уравнения, описывающего объект [7]. Неточности в определении порядка зачастую могут быть устранены проверкой адекватности модели и значимости коэффициентов, что является во всех отношениях более простой задачей, чем построение многочисленных моделей для выбора наилучшей из них.

Библиографический список

1. Parzen, E. On estimation of probability Density Function / E. Parzen // Ann. Math. Stat. 1962. Vol. 33. P. 1065–1076.

2. Rosenblatt, M. Remarks on some non-parametric estimates of a density function / M. Rosenblatt // Ann. Math. Stat. 1956. Vol. 27. P. 832–837.

3. Надарая, Э. А. О непараметрических оценках плотности вероятности и регрессии / Э. А. Надарая // Теория вероятностей и ее применение. 1965. Т. 10(1). С. 199–203.

4. Watson, G. Smooth regression analysis / G. Watson // Sankhya. Ser. A. 1965. Vol. 26. Part 4. P. 359–372.

5. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика : учеб. пособие / М. Б. Лагутин. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.

6. Рубан, А. И. Идентификация стохастических объектов на основе непараметрического подхода / А. И. Рубан // Автоматика и телемеханика. 1979. № 11. С.106–118.

7. Рубан, А. И. Методы анализа данных : учеб. пособие / А. И. Рубан. 2-е изд., исправл. и доп. Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004.

8. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. М. Химмельблау. М. : Мир, 1975.

9. Пащенко, Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 2. Идентификация нелинейных систем / Ф. Ф. Пащенко. М. : Финансы и статистика, 2007.

10. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ : пер с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. 3-е изд. М. : Изд. дом «Вильямс», 2007.

O. V. Shesterneva, T. V. Maltseva

ON MATHEMATICAL LINEAR DYNAMIC OBJECT MODELLING

The construction method of the linear dynamic object model described with an ordinary differential equation is considered. The suggested approach is based on a prior degree of differential equation estimate with nonparametric modelling methods and allows to get adequate models using smaller cost of techniques than.

Keywords: linear dynamic object model, Nadaraya-Watson estimation, bandwidth, model adequacy.

УДК 658.512.24

Л. А. Бабкина, И. Я. Шестаков, А. С. Квасов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ПОЛИРОВАНИИ

Рассматривается задача моделирования двумерного электростатического поля при электрохимическом полировании на основе биполярного электрода. Проводится сравнительный анализ результатов численного моделирования в программном комплексе COSMOS/M и пакете математических вычислений Maple.

Ключевые слова: численное моделирование, электростатическое поле, электрохимическое полирование.

Электрохимическое полирование (ЭХП) широко применяется в производстве деталей летательных аппаратов и занимает ведущее место в доводочных операциях [1].

В прикладной электрохимии широко используется биполярный электрод (БПЭ), позволяющий улучшить равномерность распределения тока по электроду. Биполярный метод электрохимической обработки применяется при полировке труб, снятии заусенцев, прошивке отверстий, в технологических процессах травления, обезжиривания и др. [2].

При электрохимическом полировании проблема равномерности распределения тока по поверхности деталей является первостепенной. От характера распределения тока зависит качество поверхности, в том числе ее шероховатость [3; 4].

В качестве объекта исследования рассматривается электрическое поле, возникающее при доводке поверхности детали электрохимическим полированием на основе биполярного электрода. Задачами исследования являются создание численной двумерной модели распределения электростатического поля в межэлектродном зазоре (МЭЗ) и разработка алгоритма реализации численного решения в среде интегрированных пакетов конечно-элементных расчетов.

Исследованию электрических полей МЭЗ посвящен ряд работ. Одни исследователи выявляли распределение потенциала экспериментальным путем, т. е. непосредственным измерением или моделированием, другие пытались выполнить аналитическое решение. В этих работах описаны случаи с практически неизменными границами поля [4].

Сложность исследования электрического поля при электрохимической обработке заключается в изменении граничных условий, что приводит к необходимости упрощенного подхода, например, к введению понятия идеального процесса, обусловленного действием лишь одного поля [4].

При подаче потенциалов на электроды системы из анода, катода и разделяющего их электролита, в системе создается электрическое поле (рис. 1). При допущении, что электроды неполяризуемы, их форма и расстояние между ними неизменны во времени, электролит – однороднопроводящая жидкость, свойства электролита неизменны во времени, возникающее поле удовлетворяет системе уравнений Максвелла [5]. Для решения системы уравнений Максвелла широко используется метод конечных элементов (МКЭ) и его модификации. Наиболее распространенным методом решения задач электромагнитизма является переход от системы уравнений Максвелла к уравнениям второго порядка относительно напряженности электрического поля или напряженности магнитного поля [6].

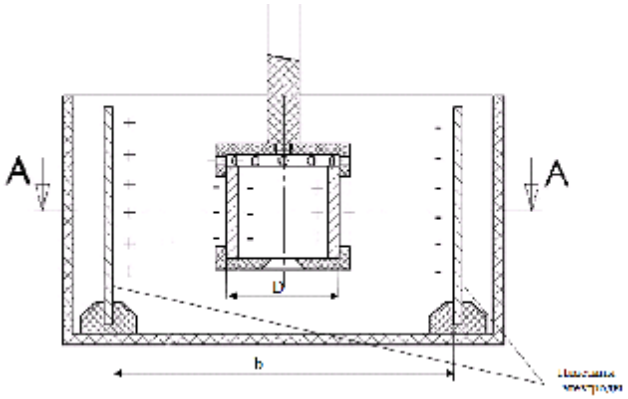


Рис. 1. Принципиальная схема электрохимического полирования

Уравнения Максвелла, используемые в конечно-элементном расчете, имеют следующий вид [6]:

$$\nabla \times H = J + \partial D/\partial t\,, \tag{1}$$

$$\nabla \times E = -\partial B/\partial t\,, \tag{2}$$

$$\nabla \cdot B = 0\,, \tag{3}$$

$$\nabla \cdot D = \rho\,, \tag{4}$$

где H и E – напряженность магнитного и электрического полей соответственно; B, D – плотности магнитного и электрического потоков; J – плотность тока в проводнике; ρ – плотность электрического заряда; ∇ – оператор градиента.

Составляющие уравнения имеют следующий вид:

$$B = \mu(B)(H + H_C), \tag{5}$$

$$J = \sigma \cdot E, \tag{6}$$

$$D = \varepsilon \cdot E, \tag{7}$$

где σ – электропроводность; μ – магнитная проницаемость; ε – диэлектрическая постоянная; H_c – коэрцитивность постоянного магнита.

При двумерном расчете плотность потока B выражена как функция векторного потенциала A:

$$B = \nabla \cdot A\,, \tag{8}$$

где A удовлетворяет условию уникальности

$$\nabla \cdot A = 0 \tag{9}$$

Подставляя уравнения (8) и (5) в уравнения (1) и (2) и сокращая частную производную по времени $\partial A/\partial t$, получают следующее [6]:

$$\nabla\times\left(\nu\left(B\right)\nabla\times A\right)=J+\nabla\times H_C, \qquad (10)$$

$$\nabla\times E=\nabla\times\left(\partial A/\partial t\right), \qquad (11)$$

где ν – удельное магнитное сопротивление, $\nu=\left(1/\mu\right)$.

Уравнение (11) предполагает

$$E=\partial A/\partial t-\nabla\varphi, \qquad (12)$$

где φ – сокращенный электрический скалярный потенциал.

Объединение этого уравнения с составляющим уравнением (1–6) приводит к следующему:

$$J_e=-\sigma\left(\partial A/\partial t+\nabla\varphi\right). \qquad (13)$$

Полная плотность тока в уравнении (10) может состоять из токов источника J_s и вихревых токов J_e, поэтому уравнение (10) можно записать в следующем виде [6]:

$$\nabla\times\left(\nu\left(B\right)\nabla\times A\right)+\sigma\,\partial A/\partial t+ +\sigma\nabla\varphi=J_S+\nabla\times H_C. \qquad (14)$$

Для двухмерных моделей в плоскости *xy* единственные ненулевые компоненты *A* и *V*φ – это *z*-компоненты, являющиеся функциями только от *x* и *y*, и не изменяются по направлению *z*. Таким образом, это уравнение принимает следующую скалярную форму:

$$\partial/\partial x\left(\nu\,\partial A/\partial x\right)+\partial/\partial y\left(\nu\partial A/\partial y\right)- -\sigma\,\partial A/\partial t=-J_S-\partial H_{Cy}/\partial x+\partial H_{Cx}/\partial y. \qquad (15)$$

В случае осесимметричности, если принять *z* за азимутальное направление, единственным ненулевым компонентом *A* будет азимутальный. В этом случае уравнение (15) принимает следующую скалярную форму:

$$\partial/\partial x\left(\nu\partial A/\partial x+\nu A/x\right)+\partial/\partial y\left(\nu\partial A/\partial y\right)- -\sigma\,\partial A/\partial t=-J_S+\partial H_{Cy}/\partial x-\partial H_{Cx}/\partial y. \qquad (16)$$

В осесимметричном случае *x* и *y* соответствуют радиальному и осевому компонентам цилиндрических координат [6].

Для решения поставленной задачи использована программа GEOSTAR и модуль ESTAR для моделирования электрических полей в двух- и трехэлектродных ячейках. GEOSTAR выполняет функции пре- и постпроцессора для системы COSMOS/M. Геометрические возможности GEOSTAR базируются на методе смешанных граничных представлений и параметрических кубических уравнениях. Теория, используемая в ESTAR, основана на применении теории потенциальных функций к уравнениям Максвелла. Двухмерный и осесимметричный расчеты в ESTAR основаны на уравнениях (15) и (16), уравнения (1)–(14) выступают в качестве исходных данных [6].

Моделируется реальная схема электрохимического полирования цилиндрической трубки, установленной симметрично относительно двух плоских электродов (рис. 1). После цикла обработки полярность подключения электродов меняют на противоположную, либо поворачивают деталь на 180 ° относительно ее оси. Особенностью схемы является то, что обрабатываемая деталь играет роль биполярного электрода, т. е. на ее поверхности одновременно протекают анодные и катодные реакции. Ток к обрабатываемой детали подводится через электролит сразу по всей ее поверхности. Такое решение токоподвода исклю-чает структурные изменения металла и прижоги, исчезает погрешность обработки [7].

Для понимания явлений, протекающих на биполярном электроде, в работе [2] рассмотрена причина, вызывающая одновременное протекание катодной и анодной реакций на ее поверхности. Физическая природа этого явления связана с появлением поверхностных зарядов разных знаков при протекании тока через границу неоднородных сред (рис. 2).

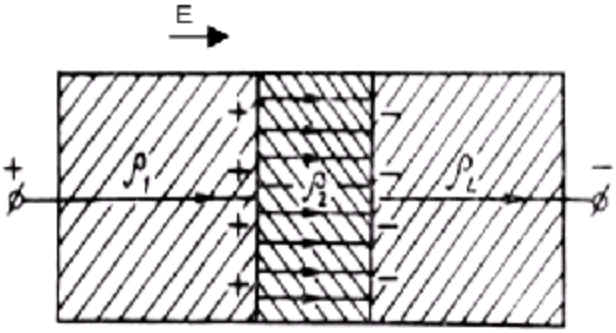


Рис. 2. Стационарное электрическое поле в проводнике, состоящем из участков с разным удельным сопротивлением ($\rho_2>\rho_1$) [2]

Скачок нормальной составляющей напряженности электрического поля, происходящий при протекании тока через границу сред с разным удельным сопротивлением [2]

$$\Delta E=E_2-E_1=E_1\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}-1\right),$$

где $E_{1;2}$ – нормальная составляющая электрического поля; $\rho_{1;2}$ – удельное сопротивление среды.

Поверхностная плотность появляющихся зарядов равна

$$\sigma=\varepsilon_0E_2\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}-1\right),$$

где ε – диэлектрическая проницаемость.

В случае $\rho_2>>\rho_1$ плотность зарядов $\sigma=\varepsilon_0E_2=\varepsilon_0\rho_2j_2$.

Если электрический ток течет из среды с меньшим удельным сопротивлением в среду с большим удельным сопротивлением, то поверхность раздела заряжается положительно, а при обратном направлении тока – отрицательно. Стационарные заряды на границе двух сред возникают вследствие скопления здесь заряженных частиц при установлении стационарного режима и затем непрерывно обновляются в процессе прохождения тока. Так как биполярный электрод находится внутри электрического поля и силовые линии проходят через него, то его поверхность несет положительные и отрицательные заряды. Соответственно протекают катодные и анодные электрохимические реакции [2].

Исследованию распределения тока по биполярному электроду в технической электрохимии посвящен ряд работ [2; 4; 8]. Основное внимание в этих работах уделяется изучению распределения тока по биполярному электроду.

Электростатическое поле исследовалось на модели, исходная схема которой показана на рис. 3. Здесь область, ограниченная точками (1, 2, 3, 4) соответствует сечению А–А (рис. 1) и представляет собой электропроводящую среду (в ЭХП – электролит); линии 12, 13, 14, 15, 7, 8, 5, 6 –

поверхности электродов; линии 9–10–11, 16–17–18 – поверхности обрабатываемой детали. По линиям 12–13, 14–15, 7–8, 5–6 моделируемая область имеет приложенные нагрузки в виде электрического напряжения, граничный потенциал вдоль этих линий будет равен: $\varphi_{12-13} = +16$ В; $\varphi_{7-8} = 0$ В . Для конечно-элементного разбиения расчетной области модели выбран плоский треугольный элемент.

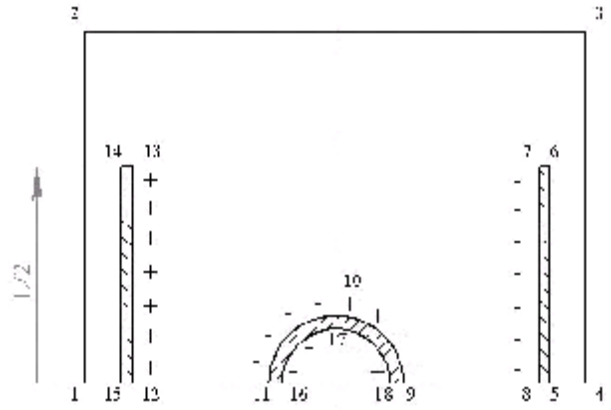


Рис. 3. Исходная схема для расчета в программе COSMOS/M

В процессе моделирования двумерного электростатического поля при электрохимическом полировании рассмотрены случаи, когда ширина плоского электрода (L) в три и более раз больше наружного диаметра детали (D), сопротивление единичного поперечного сечения электролита (R) равно или больше поляризационного сопротивления (r).

Сопротивление поперечного сечения электролита $\frac{1}{R} = \chi \cdot b$, где χ – удельная электропроводность (табличные значения [7]); b – межэлектродное расстояние.

Для рассматриваемых случаев обработка ведется в нейтральном водном растворе солей при плотности тока $i = 0{,}2...10$ А/см^2; для достижения необходимой плотности тока требуется напряжение U до 16 В; материал электродов должен быть устойчив при подаче анодного потенциала; материал образца – медь; $D = 47$ мм; $L = 150$ мм; $b = 140$ мм; $\chi = 24{,}73$ $1/\text{Ом}\cdot\text{м}$ для 5M NaCl [7]; анодное поляризационное сопротивление $r_а \approx 0{,}014$ Ом; катодное поляризационное сопротивление $r_к \approx 0{,}4$ Ом (по анодным и катодным поляризационным кривым [7]).

$$\frac{1}{R} = \chi \cdot b = 24{,}73 \cdot 0{,}014 = 0{,}346 \quad (R \gg 3 \text{ Ом});$$

$$r = 2r_а + 2r_к = 0{,}828 \text{ Ом, т. е. } R > r.$$

Также рассмотрены случаи, когда ширина плоского электрода меньше наружного диаметра детали $L/D < 3$, сопротивление единичного поперечного сечения электролита равно или больше поляризационного.

В результате расчетов установлено распределение напряженности электрического поля в исследуемой области, на основании этого получено распределение плотности тока по обрабатываемой поверхности (рис. 4, 5).

Значения потенциалов в узлах конечно-элементной сетки (рис. 5, *б*) по обрабатываемой поверхности (рис. 5, *а*) приведены в таблице.

Неравномерность распределения потенциала по поверхности обрабатываемой детали составляет ≈ 0,78 %.

Наиболее равномерное распределение по всей поверхности обрабатываемой детали, обращенной к катоду, потенциалов и силовых линий электрического тока происходит, когда ширина плоского электрода в три и более раз больше наружного диаметра детали $L/D \geq 3$ (рис. 4, 5).

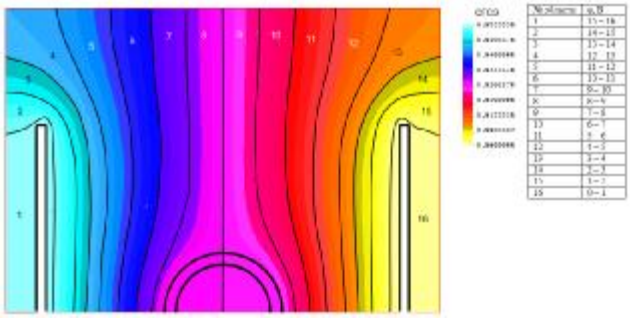


Рис. 4. Картина распределения потенциалов при $L/D \geq 3$ (ESTAR)

В рассматриваемых случаях, когда ширина плоского электрода в три и более раз меньше наружного диаметра детали $L/D < 3$, возникают краевые эффекты и происхо-

Таблица

Номер конечно-элементного узла	Значение потенциала, φ	
	СГСЭ	СИ
229	0,026 46	7,938
230	0,026 46	7,938
231	0,026 47	7,941
232	0,026 47	7,941
233	0,026 48	7,944
234	0,026 49	7,947
235	0,026 51	7,952
236	0,026 52	7,956
237	0,026 54	7,962
238	0,026 56	7,968
239	0,026 58	7,974
240	0,026 60	7,980
241	0,026 62	7,986
242	0,026 65	7,995
243	0,026 67	8,000

дит неравномерное распределение потенциалов по поверхности обрабатываемой детали.

Для сравнения результатов численного моделирования был использован конечно-разностный метод.

В работе [8], посвященной разработке и исследованию аналитических и численных моделей электрических полей, возникающих в системах на основе биполярного электрода, получены следующие разностные схемы для вычисления распределения электрического поля:

$$U(x,y)=\frac{\begin{array}{c}(\varepsilon_0+\varepsilon_r)U_r+(\varepsilon_0+\varepsilon_l)U_l+\\ +(\varepsilon_0+\varepsilon_t)U_t+(\varepsilon_0+\varepsilon_b)U_b\end{array}}{\begin{array}{c}(\varepsilon_0+\varepsilon_r)+(\varepsilon_0+\varepsilon_l)+\\ +(\varepsilon_0+\varepsilon_t)+(\varepsilon_0+\varepsilon_b)\end{array}}, \qquad (17)$$

$$U(x,y)=\frac{\begin{array}{c}(\sigma_0+\sigma_r)U_r+(\sigma_0+\sigma_l)U_l+\\ +(\sigma_0+\sigma_t)U_t+(\sigma_0+\sigma_b)U_b\end{array}}{\begin{array}{c}(\sigma_0+\sigma_r)+(\sigma_0+\sigma_l)+\\ +(\sigma_0+\sigma_t)+(\sigma_0+\sigma_b)\end{array}}, \qquad (18)$$

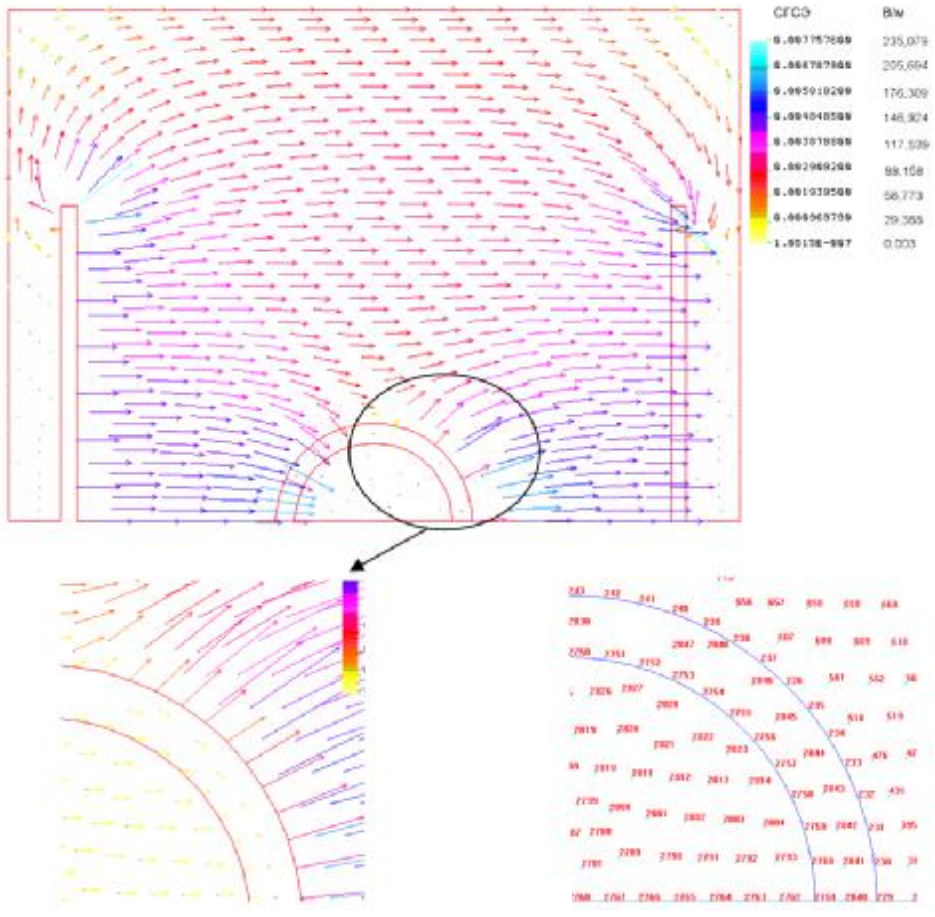
где $U_r=U(x+h_x,y)$; $U_l=U(x-h_x,y)$; $U_t=U(x,y+h_y)$; $U_b=U(x,y-h_y)$; $U_0=U(x,y)$; $\varepsilon_0=\varepsilon(x,y)$; $\varepsilon_r=\varepsilon(x+h_x,y)$; $\varepsilon_l=\varepsilon(x-h_x,y)$; $\varepsilon_t=\varepsilon(x,y+h_y)$; $\varepsilon_b=\varepsilon(x,y-h_y)$; $\sigma_0=\sigma(x,y)$; $\sigma_r=\sigma(x+h_x,y)$; $\sigma_l=\sigma(x-h_x,y)$; $\sigma_t=\sigma(x,y+h_y)$; $\sigma_b=\sigma(x,y-h_y)$; h – размер ячейки сетки.

При этом в ячейках сетки, соответствующих электродам, устанавливается постоянное напряжение, равное напряжению моделируемого электрода; в ячейках, граничащих с проводниками, потенциал вычисляется по формуле (18), а в остальных ячейках поле вычисляется по формуле (17). Можно задавать различные конфигурации электродов и параметры электролита, решать задачу оптимизации параметров распределения поля [8].

Исходя из этих условий, нами реализована предложенная в [8] математическая модель двумерного электростатического поля применительно к электрохимическому полированию в пакете математических вычислений Maple. Для реализации численного решения в Maple разработан алгоритм расчета, заключающийся в следующем: задается исследуемая область; исследуемая область разбивается на конечно-разностную сетку; задаются численные значения для каждого моделируемого объекта области (определяется проводящая среда – задается электропроводность среды, 1/Ом·м; потенциал электродов, В); составляется матрица размером $n \times m$; выполняется расчет, используя разностные схемы (17) и (18).

В результате расчетов получены картины распределения электрических потенциалов в исследуемой области, плотности тока по поверхности обрабатываемой детали и силовых линий электрического тока.

Картины распределения потенциалов и силовых линий электрического тока в рассматриваемом случае, когда ширина плоского электрода в три и более раз больше наружного диаметра детали $L/D \geq 3$, распределяются почти равномерно по всей поверхности обрабатываемой



а *б*

Рис. 5. Силовые линии электрического тока при $L/D \geq 3$(ESTAR): *а* – увеличенный фрагмент; *б* – номера узлов сетки

детали, обращенной к катоду (рис. 6; 7, *а*). Неравномерность распределения потенциала по поверхности обрабатываемой детали составляет ≈ 1,28 % (рис. 7, *б*).

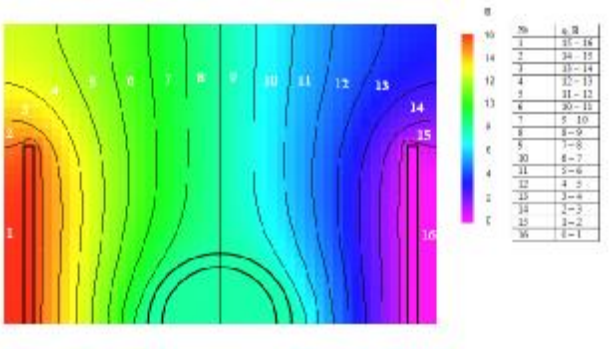


Рис. 6. Распределение электрических потенциалов при $L/D \geq 3$ (Maple)

В рассматриваемых случаях, когда ширина плоского электрода в три и более раз меньше наружного диаметра детали $L/D < 3$, возникают краевые эффекты, происходит неравномерное распределение потенциалов по поверхности обрабатываемой детали. Полученные картины качественно и количественно повторяют результаты моделирования в ESTAR методом конечных элементов.

Изменения распределения потенциала по обрабатываемой поверхности, полученные в результате численного моделирования методом конечных элементов и методом конечных разностей, сведены в графики (рис. 8).

Равномерность распределения плотности тока по обрабатываемой поверхности (рис. 7, *б*), учитывая линейную зависимость шероховатости поверхности от плотности тока, определяет качество поверхности, в том числе ее шероховатость. Влиять на распределение плотности тока по обрабатываемой поверхности можно, изменяя геометрические параметры L и D, а также физико-химические свойства электролита.

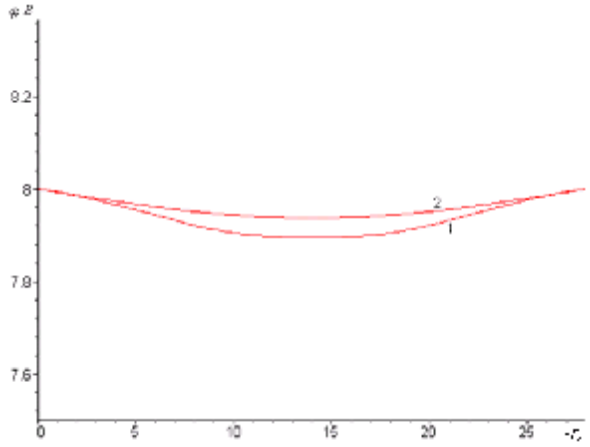
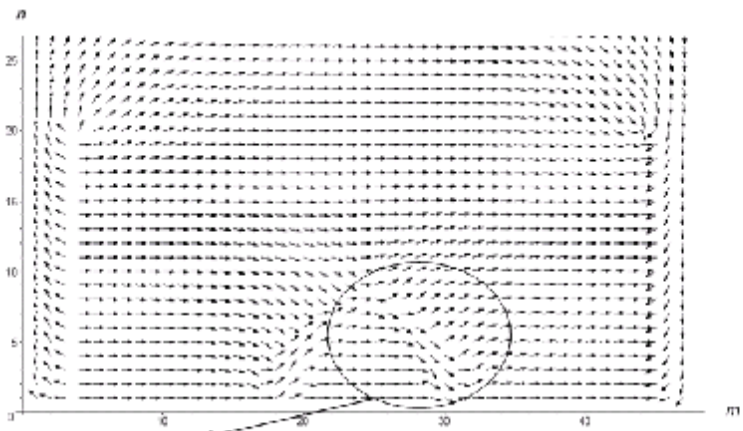
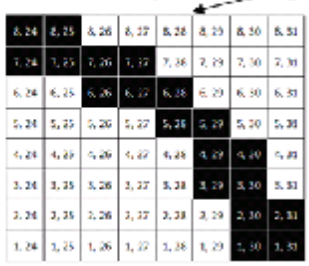


Рис. 8. Распределение электрического потенциала по обрабатываемой поверхности: 1 – кривая распределения электрического потенциала по обрабатываемой поверхности при $L/D \geq 3$, Maple; 2 – кривая распределения электрического потенциала по обрабатываемой поверхности при $L/D \geq 3$, ESTAR

Таким образом, в работе реализована предложенная в [9] математическая модель двумерного электростатического поля применительно к электрохимическому полированию. Численное моделирование электростатических полей в МЭЗ выполнено в среде интегрированного пакета конечно-элементных расчетов COSMOS/M (модуль ESTAR) и конечно-разностный расчет в Maple. Сравнительный анализ результатов численного моделирования в Maple и COSMOS/M показал расхождение ≈ 2 %.





Координата ячейки, $m \times n$	φ, В	λ, А/см²
8, 24	8.000	1.105
8, 25	7.990	1.090
7, 27	7.950	1.225
6, 28	7.942	1.472
5, 29	7.924	1.299
4, 30	7.810	0.887
2, 31	7.897	0.801
1, 31	7.897	0.472

а *б*

Рис. 7. Силовые линии электрического тока при $L/D \geq 3$ (Maple): *а* – увеличенный фрагмент (черным цветом выделены координаты ячеек, описывающих область поверхности детали); *б* – изменение распределения потенциалов и плотности тока по обрабатываемой поверхности

Силовые линии электрического тока распределяются наиболее равномерно по всей поверхности обрабатываемой детали, обращенной к катоду, когда ширина плоского электрода в три и более раз больше наружного диаметра детали, что ведет к равномерной обработке поверхности. При других рассматриваемых случаях – равномерность обработки не достигается из-за возникновения краевых эффектов.

Результаты численного моделирования подтверждают технологические возможности метода ЭХП с БПЭ по обработке полых цилиндрических деталей.

Мспользование численного моделирования электростатических полей в МЭЗ в условиях ЭХП позволяет существенно сократить время и затраты при разработке новых технологических процессов.

Библиографический список

1. Воробей, В. В. Теоретические основы проектирования технологических процессов ракетных двигателей. Технология производства жидкостных ракетных двигателей / В. В. Воробей, В. Е. Логинов. М. : Дрофа, 2007.

2. Мороз, И. И. Биполярный метод электрохимической обработки и некоторые его технологические возможности // И. И. Мороз, В. Ф. Орлов, Б. И. Чугунов // Электронная обработка материалов. 1982. № 6. С. 19–23.

3. Экслер, Л. И. Классификация параметров шероховатости / Л. И. Экслер // Технологические методы повышения качества поверхности деталей машин : сб. ст. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. С. 140–147.

4. Вдовенко, В. Г. Эффективность электрохимической обработки деталей : моногр. / В. Г. Вдовенко. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 1991.

5. Monk, P. A finite element method for approximating the time-harmonic Maxwell equations / P. Monk // Numer. Math. 1992. Vol. 63. P. 243–261.

6. COSMOS Advanced Modules. Part 2 ESTAR / Low Frequency Electromagnetic Analysis. 1996.

7. Пат. Российская Федерация, 7C25F3/16. Способ электрохимического полирования / Шестаков И. Я., Бабкина Л. А. № 2229543 ; заявл. 15.07.2002 ; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15. Приоритет от 15.07.2002.

8. Мурашев, Д. А. Математическое моделирование электрических полей в системах с биполярным электродом : автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук / Д. А. Мурашов. Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2006.

9. Шестаков, И. Я. О возможностях электрохимического полирования / И. Я. Шестаков, Л. А. Бабкина, А. Н. Жмурко // Решетневские чтения : материалы VII Всерос. научн.-практ. конф. ; Сиб. гос. аэрокосм. ун-т. Красноярск, 2003.

L. A. Babkina, I. Ya. Shestakov, A. S. Kvasov

NUMERICAL MODELING BY TWO-DIMENSIONAL ELECTROSTATIC FIELDS AT ELECTROCHEMICAL POLISHING

Modeling problem of the two-dimensional electrostatic field at electrochemical polish is considered. Comparative analysis of results of numerical modeling is executed in the programs COSMOS/M and Maple.

Keywords: numerical modeling, electrostatic field, electrochemical polish.

УДК 519.876

И. М. Митасов, А. Н. Завьялкин

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОФАКТОРНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ

Задача определения значений параметров многофакторной регрессионной модели обычно решается методом наименьших квадратов (НК) и сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений. Эта система может быть вырожденной в силу зависимости векторов значений факторов. Вырожденность приводит к срыву вычислительного процесса. Предлагается метод определения параметров на основе проектирования вектора значений моделируемого показателя на линейное пространство независимых векторов значений факторов.

Ключевые слова: метод, факторы, модель, выборка, проектирование.

В задачах многофакторного регрессионного анализа обычно в рамках одной вычислительной процедуры рассматривается множество многофакторных регрессионных моделей, среди которых выбирается оптимальная в смысле некоторого критерия. При этом решается множество систем линейных алгебраических уравнений. Некоторые из этих систем имеют вырожденную матрицу, что приводит к срыву вычислительного процесса.

Необходимость решения систем уравнений с квадратной матрицей является следствием необходимого условия минимума целевой функции метода НК. Фундаментальная интерпретация метода НК состоит в том, что оп-

тимальное решение представляет собой проекцию вектора значений моделируемого показателя на линейное пространство векторов значений факторов. Эта проекция всегда существует и единственна, в отличие от решения системы линейных алгебраических уравнений.

В работе предлагается метод вычисления проекции на основе известного метода ортогонализации Грамма–Шмидта, который позволяет построить максимальное количество ортогональных векторов из заданной системы векторов значений факторов и вычислить проекцию вектора значений моделируемого показателя на линейное пространство полученных ортогональных векторов. Параметры модели вычисляются из решения системы линейных алгебраических уравнений с невырожденной матрицей.

Линейная многофакторная модель регрессионного анализа имеет следующий вид:

$$y = \langle A, X \rangle + c\,, \qquad (1)$$

где y – моделируемый скалярный показатель; A – вектор параметров модели; X – вектор факторов; c – скалярный параметр модели.

Построение модели (1) заключается в определении значений параметров A, c на основе выборки V следующего вида:

$$V = \left\{ y^i,\ X^i;\ i = \overline{1,m} \right\}, \qquad (2)$$

где m – количество наблюдений значений характеристик y, X.

В силу выражения (1) возникает следующая система уравнений, связывающая значения показателя y и факторов $\left\{ x_j;\ \ j = \overline{1,n} \right\}$:

$$Y = \sum_{j=1}^{n} a_j X_j + cE\,, \qquad (3)$$

где n – количество факторов; Y – вектор значений показателя y; X_j – вектор значений j-го фактора; E – вектор с компонентами $\left\{ e_i = 1;\ i = \overline{1,m} \right\}$.

В системе (3) количество уравнений $m >> n+1$, система обычно не имеет решения и поэтому, согласно методу НК, рассматривается следующая оптимизационная задача:

$$S(A^{\text{опт}}, c^{\text{опт}}) = \min_{A,c} \sum_{i=1}^{m} \left(\sum_{j=1}^{n} a_j x_j^i + c - y^i \right)^2 . \qquad (4)$$

Решением задачи (4) является ортогональная проекция $Y^{\text{опт}}$ вектора Y на линейное пространство векторов $\{E, X_j\}$. Компоненты вектора $Y^{\text{опт}}$ определяются следующим образом

$$y^{i,\text{опт}} = \sum_{j=1}^{n} a_j^{\text{опт}} x_j^i + c^{\text{опт}}\,.$$

Требуется вычислить $a_j^{\text{опт}}, c^{\text{опт}}$ на основе выборки V статистических данных.

Решение задачи. Рассматривается система векторов $E, X_1, X_2, ..., X_n$. Метод Грамма–Шмидта позволяет из этой системы векторов получить систему ортогональных векторов $\{Z_j; j = 1, n^*\}$ по следующим формулам:

$$\begin{cases} Z_1 = E, \\ Z_j = X_{j-1} - \sum\limits_{l=1}^{j-1} \dfrac{\langle X_{j-1}, Z_l \rangle}{\langle Z_l, Z_l \rangle} Z_l\,, \\ j = \overline{2, n^*}\ ;\ n^* \le n+1. \end{cases} \qquad (5)$$

Значение n^* определяется в процессе построения системы векторов $\{Z_j\}$. Если при вычислении вектора Z_k получается нулевой вектор, то вектор X_{k-1} исключается из рассмотрения и вместо него рассматривается вектор X_k. При этом общее количество ортогональных векторов уменьшается на единицу.

Вектор Z_k признается нулевым, если выполнено следующее условие:

$$\sum_{i=1}^{m} \left| z_k^i \right| < \varepsilon\,,$$

где $\varepsilon > 0$ – малая величина, например, $\varepsilon = 10^{-6}$.

Метод Грамма–Шмидта позволяет следующее:

1. Получить ортогональную систему векторов $Z_1, Z_2, ..., Z_{n^*}$, $n^* \le n+1$. Вектор E всегда входит в эту систему в качестве исходного вектора.

2. Определить подсистему линейно независимых векторов $\left\{ E, X_{j_1}, X_{j_2}, ..., X_{j_{n^*-1}} \right\}$, на основе которых строится система ортогональных векторов $\{ Z_1, Z_2, ..., Z_{n^*} \}$ по формулам (5).

Система ортогональных векторов $\{Z_j\}$ определяет линейное пространство размерности n^*. Вектор $Y^{\text{опт}}$ является проекцией вектора Y на это линейное пространство и может быть представлен в виде следующего разложения по ортогональному базису:

$$Y^{\text{опт}} = \sum_{j=1}^{n^*} b_j Z_j\,. \qquad (6)$$

Вектор Y всегда можно представить в виде следующей суммы:

$$Y = Y^{\text{опт}} + Y^*,$$

где вектор Y^* ортогонален линейному пространству образованному системой векторов $\{Z_j\}$.

Тогда коэффициенты b_j в формуле (6) выражаются через заданный вектор Y по формулам

$$b_j = \langle Y, Z_j \rangle / \langle Z_j, Z_j \rangle, \quad j = \overline{1, n^*}\,. \qquad (7)$$

Подставляя формулу (7) в (6), для вычисления ортогональной проекции получаем следующее

$$Y^{\text{опт}} = \sum_{j=1}^{n^*} \frac{\langle Y, Z_j \rangle}{\langle Z_j, Z_j \rangle} Z_j\,.$$

Для вычисления оптимальных значений параметров A, c рассмотрим систему линейно независимых векторов $\left\{ E, X_{j_1}, X_{j_2}, ..., X_{j_{n^*-1}} \right\}$. Эти векторы принадлежат линейному пространству Z, образованному векторами $Z_1, Z_2, ..., Z_{n^*}$, вектор $Y^{\text{опт}} \in Z$. Тогда следующая система уравнений всегда имеет единственное решение

$$cE + \sum_{k=1}^{n^*-1} a_{j_k} X_{j_k} = Y^{\text{опт}}\,, \qquad (8)$$

где параметры $a_j \notin \left\{ a_{j_k}\ ;\ \ k = \overline{1, n^*-1} \right\}$ равны нулю. Система уравнений (8) определяет оптимальные значения параметров A, c, ее решение можно найти, например, методом Гаусса.

Результаты решения модельной задачи. Рассмотренный алгоритм решения задачи реализован [1] в виде программы на языке программирования общего назначения C++Builder 6.0.

Рассматривалась следующая модельная задача:

$$X_1 = E = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad X_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \\ -1 \end{pmatrix},$$

$$X_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad X_4 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 6 \\ -2 \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \\ 7 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В результате расчетов в соответствии с изложенным алгоритмом получены следующие результаты (табл. 1, 2):

Таблица 1

Количество и номера независимых факторов

Количество факторов	Номера факторов		
3	1	2	4

Таблица 2

Ортогональные векторы Z_1, Z_2, Z_3

Z_1	Z_2	Z_3
1	–1	0,9
1	1	–2,4
1	3	1,3
1	–3	0,2

Значение вектора $Y^{опт}$ – проекции вектора Y на линейное пространство ортогональных векторов Z_1, Z_2, Z_3

$$Y^{опт} = \begin{pmatrix} 3,337\,349 \\ 5,933\,735 \\ 7,265\,060 \\ 1,463\,855 \end{pmatrix}.$$

Значение вектора параметров модели (1)

$$\begin{pmatrix} c \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,310\,241 \\ 1,207\,831 \\ 0 \\ -0,180\,723 \end{pmatrix}.$$

Полученное решение совпадает с решением нормальной системы уравнений сформированной на основе векторов $\{E, X_1, X_3\}$.

Таким образом, в работе предложен и обоснован алгоритм вычисления параметров многофакторной регрессионной модели методом проектирования вектора значений показателя на пространство линейно независимых векторов значений факторов. Этот алгоритм не приводит к срыву вычислительного процесса в отличие от обычного решения системы нормальных уравнений.

Также рассмотрены результаты применения программной реализации алгоритма на модельной задаче.

Библиографический список

1. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. М. : Наука, 1977.

2. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. М. : Наука, 1966.

3. Митасов, И. М. Автоматизированная система вычисления параметров линейной многофакторной регрессионной модели методом проектирования / И. М. Митасов, А. Н. Завьялкин. М. : ОФАП. Свидетельство № 11400 от 12.09.2008.

I. M. Mitasov, A. N. Zavyalkin

PROJECTING METHOD IN PROBLEM OF PARAMETERS CALCULATING OF REGRESSIVE MULTIFACTOR-MODEL

The problem of the parameters values determination of the regressive multifactor-model is usually solved by the method of the least squares (LS) and it comes to solve the system of the linear algebra-equations. This system may be degenerative due to the dependence of the factors values vectors . The degeneration leads to fall of the calculating process. In this work there is suggested a method for the definition of parameters on the basis of projecting a vector of the values of the index simulated on a linear space of the independent vectors of the factors values.

Keywords: method, factors, model, sample, projecting.

УДК 519.85:519.676

Е. С. Семенкин, Р. Б. Сергиенко

КОЭВОЛЮЦИОННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Рассматривается коэволюционный алгоритм условной оптимизации, отличающийся автоматической настройкой большинства параметров. Приводятся этапы разработки данного алгоритма, показаны соответствующие исследования. Алгоритм апробирован на практической задаче составления расписания посадок самолетов.

Ключевые слова: генетический алгоритм, условная оптимизация, коэволюция.

На сегодняшний день особое значение приобретают системы поддержки принятия решений в технических, организационных и экономических системах. Автоматизация определенных стадий процесса принятия решения позволяет резко сократить временные, трудовые и финансовые затраты, значительно повысить эффективность и качество принимаемого решения, снизить роль человеческого фактора.

В большинстве случаев задача принятия решения сводится к задаче оптимизации, т. е. к выбору наилучшего варианта из множества существующих.

Задачи оптимизации, которые требуется решать при поддержке принятия решений в реальных системах, обладают свойствами, существенно затрудняющими их решение: дискретные или смешанные переменные, алгоритмически заданные целевые функции, отсутствие удобных для оптимизации свойств или, по крайней мере, отсутствие информации о таких свойствах и т. д. Поэтому в таких задачах зачастую могут быть применены только алгоритмы прямого поиска, не требующие информации о свойствах оптимизируемой функции. В этом отношении перспективными признаны так называемые эволюционные алгоритмы [1].

Основная проблема использования эволюционных процедур – высокая сложность настройки параметров алгоритма для решения конкретной задачи оптимизации. Для наиболее распространенного класса эволюционных методов оптимизации – генетических алгоритмов – требуется выбор оптимального сочетания таких параметров алгоритма, как тип селекции, тип скрещивания, тип мутации и некоторых других настроек в зависимости от класса решаемой задачи оптимизации. Общее число таких комбинаций исчисляется по меньшей мере десятками. Случайный выбор настроек следует считать неприемлемым, так как многие комбинации параметров алгоритма оказываются почти полностью неработоспособными. Осуществление полного перебора комбинаций параметров алгоритма также недопустимо ввиду очевидных временных, трудовых и материальных затрат.

Поэтому возникает задача разработки процедур, автоматизирующих выбор и настройку параметров генетических алгоритмов. Одним из наиболее перспективных в этом отношении подходов является коэволюционный алгоритм. Ранее были разработаны и исследованы коэволюционные алгоритмы решения задач безусловной оптимизации [2]. В то же время большинство практических задач поддержки принятия решения относятся к классу условной оптимизации, т. е. имеются ограничения на целевую функцию в виде равенств или неравенств. Таким образом, возникла необходимость разработки коэволюционного генетического алгоритма решения задач условной оптимизации.

Коэволюционный генетический алгоритм – это несколько параллельно действующих стандартных генетических алгоритмов с различными настройками основных параметров (типа селекции, скрещивания, мутации). Отдельный генетический алгоритм называется подпопуляцией. Каждая из подпопуляций оптимизирует заданную функцию и обладает своей стратегией оптимизации. При этом популяции конкурируют за ресурс, который в течение работы алгоритма перераспределяется в пользу более эффективной из них. Стандартный коэволюционный алгоритм состоит из следующих этапов [2]:

– выбора индивидуальных алгоритмов;

– задания параметров коэволюционного алгоритма (размера общего ресурса, величины интервала адаптации, размера штрафа «проигравшего» алгоритма, размера «социальной карты») для всех индивидуальных алгоритмов;

– независимой работы выбранных алгоритмов в течение интервала адаптации (обычно около 5 поколений);

– оценки алгоритмов;

– перераспределения ресурсов;

– миграции лучших индивидов во все подпопуляции.

Перераспределение ресурсов может происходить различными способами. В классической схеме коэволюционного алгоритма изменение размеров ресурсов происходит путем сокращения каждой проигравшей популяции на некоторый процент (определенный заранее размер штрафа) и увеличением победившей популяции на число, равное сумме потерь проигравших. То есть после каждого интервала адаптации определяется один победивший алгоритм (подпопуляция). При этом размер каждой подпопуляции не может быть меньше определенного минимального уровня, называемого «социальной картой».

В данной работе предлагается новый метод перераспределения ресурсов между алгоритмами, получивший название «турнирный». Суть метода заключается в том, что после каждого интервала адаптации определяется не единственный победивший алгоритм, а происходит перераспределение ресурсов в каждой паре подпопуляций («турнир каждого с каждым»). Данный метод перераспределения ресурсов позволяет провести ранжирование подпопуляций по эффективности оптимизации и поощ-

рить лучшие соответствующим объемом ресурсов, забрав их у худших. Результат такого ранжирования – перераспределение ресурсов между всеми подпопуляциями в соответствии с их эффективностью. Турнирный метод перераспределения ресурсов сравнивался со стандартным на десяти тестовых задачах безусловной оптимизации. В качестве показателя эффективности работы алгоритма использовалась надежность – отношение числа запусков, в которых с заданной точностью был найден оптимум, к общему числу запусков. По результатам исследований [3] выяснено, что турнирный метод перераспределения ресурсов не уступает по эффективности стандартному и даже может давать некоторый прирост надежности, что свидетельствует о целесообразности предложенного подхода.

Миграция индивидов (перераспределение ресурсов) осуществляется следующим образом: по окончании интервала адаптации алгоритмов происходит объединение индивидов из всех подпопуляций в единый массив, который затем сортируется по убыванию пригодности. Лучшие индивиды последовательно передаются во все алгоритмы. Миграция обеспечивает взаимодействие индивидуальных алгоритмов между собой и предположительно должна позволять одновременно использовать преимущества различных алгоритмов. То есть подразумевается, что коэволюционный подход позволяет не только определять алгоритм с наилучшими настройками, но и использовать положительный эффект взаимодействия алгоритмов между собой (свойство эмерджентности).

Таким образом, ключевыми этапами работы коэволюционного алгоритма являются перераспределение ресурсов и миграция, которые обеспечивают «конкуренцию» и «кооперацию» между индивидуальными генетическими алгоритмами соответственно.

Для адаптации генетического алгоритма к решению задач условной оптимизации необходимо ввести в процедуру специальные методы учета ограничений, используемые в ГА. В данной работе рассматривались следующие методы [4]:

– метод «смертельных» штрафов («зануление» пригодности недопустимых индивидов) в сочетании с «лечением» локальным поиском: перемещение заданного процента недопустимых индивидов в допустимую область с помощью локального поиска в пространстве бинарных переменных;

– метод динамических штрафов;

– метод адаптивных штрафов.

Метод статических штрафов, также применяемый для решения задач условной оптимизации с помощью генетических алгоритмов, не рассматривался ввиду значительного числа настраиваемых параметров данного метода, что неприемлемо для процедуры, перед которой поставлена задача максимальной автоматизации настройки параметров алгоритма.

Тестовые задачи условной оптимизации взяты из источников [5] (№№ 1–4) и [6] (№№ 5–8).

Разработка коэволюционного алгоритма условной оптимизации означает добавление к числу автоматически настраиваемых параметров метода учета ограничений. Однако «коэволюционирование» методов учета ограничений требует отказа от стандартной схемы миграции в алгоритме. Дело в том, что миграция основана на группировании индивидов из всех подпопуляций, сортировке их по пригодности и «раздаче» всем алгоритмам наилучших индивидов. Использование же различных методов учета ограничений приводит к тому, что пригодность перестает быть единым критерием оценивания индивидов из различных подпопуляций. Поэтому были разработаны и исследованы три модификации механизма миграции в коэволюционном алгоритме.

Первая получила название «пропорционально-групповой». Суть заключается в объединении подпопуляций с одинаковым методом учета ограничений в группы, сортировке индивидов внутри групп и миграции лучших индивидов из каждой группы во все алгоритмы пропорционально доле группы в общем размере популяции. Последовательность шагов следующая:

– формирование групп: объединение подпопуляций (индивидуальных алгоритмов) с одинаковым методом учета ограничений;

– сортировка индивидов в каждой группе по значению пригодности;

– определение доли каждой группы в общем размере популяции;

– определение количества лучших индивидов в каждой группе, передаваемых в каждый алгоритм: $n_{ij} = \mathrm{int}\,(N_j s_i)$, где i – номер группы; j – номер алгоритма; N_j – размер алгоритма; s_i – доля группы в общем размере популяции;

– миграция соответствующего числа лучших индивидов из каждой группы в каждый алгоритм.

Вторая схема («паретовская») заключается в последовательном поиске и исключении из общего массива (с передачей во все индивидуальные алгоритмы) точек множества Парето, недоминируемых по двум критериям – значению целевой функции и степени нарушения ограничений. Последовательность шагов следующая:

– объединение в общий массив индивидов из всех алгоритмов;

– поиск недоминируемых точек множества Парето;

– миграция найденных индивидов во все алгоритмы;

– исключение найденных индивидов из общего массива и новый поиск недоминируемых точек множества Парето; и т. д. до тех пор, пока не будут заполнены все алгоритмы необходимым числом индивидов.

В третьем случае (условное обозначение «миграция 3») отдельно формируется массив допустимых индивидов и сортируется по значению целевой функции, и отдельно формируется массив недопустимых индивидов и сортируется либо по степени нарушения ограничений, либо по значению целевой функции. Сортировка недопустимых индивидов по степени нарушения ограничений оказалась менее удачной, поэтому далее приведены исследования только с сортировкой по целевой функции. Последовательность шагов следующая:

– формирование массива всех допустимых индивидов из общей популяции и сортировка их по пригодности;

– формирование массива всех недопустимых индивидов из общей популяции и сортировка их по пригодности;

– заполнение алгоритмов лучшими индивидами из массива допустимых; в случае недостаточного их числа

дополнение лучшими индивидами из массива недопустимых.

Сравнительное исследование различных схем миграции проводилось при включении в коэволюцию пяти индивидуальных алгоритмов с настройками, приведенными в табл. 1.

Далее приведены результаты сравнительного исследования различных схем миграции. Значения надежности, усредненные по пятистам запускам, для всех тестовых задач указаны в табл. 2. Исследования проводились при исходном размере каждой подпопуляции в 100 индивидов, при 100 поколениях, шаге дискретизации для переменных 0,001, интервале для переменных [–10; 10].

Видно, что пропорционально-групповая схема миграции превосходит остальные на всех тестовых задачах. К аналогичному выводу приводит анализ полученных при эксперименте выборок надежности по ранговому критерию Вилкоксона [7]. С доверительной вероятностью 0,95 пропорционально-групповая схема миграции статистически значимо лучше остальных типов миграции на большинстве тестовых задач, в некоторых случаях зафиксирована неопределенность. Таким образом, следует принять пропорционально-групповую схему миграции основной в коэволюционном алгоритме решения задач условной оптимизации.

Для обоснования целесообразности применения коэволюционного алгоритма условной оптимизации необходимо апробировать алгоритм на практической задаче. Для этой цели выбрана задача составления расписания посадок самолетов.

Составление расписания посадок самолетов в аэропорту состоит в установлении очередности приземления воздушных судов (ВС) и назначении каждому из них времени приземления. При этом основными ограничительными критериями являются интервалы безопасности между посадками самолетов, обусловленные аэродинамическими свойствами. Во время полета самолета возникает разность давления между верхней и нижней поверхностями крыла, которая производит вращающуюся массу воздуха. После посадки более тяжелых самолетов требуется больший временной интервал для следующих воздушных судов. Кроме того, время прибытия самолета должно находиться внутри предопределенного временного окна, ограниченного наиболее ранним и самым поздним временем приземления. Очевидно, что стоимость полета растет с разностью между достигнутым и целевым временем приземления [8].

Исходная математическая модель [9] сформулирована в виде задачи смешанного целочисленного линейного программирования (СЦЛП). Коэволюционный алгоритм условной оптимизации показал низкую эффективность при решении задачи в исходной модели в виде СЦЛП. Алгоритм способен отыскивать допустимые решения, но с очень плохим значением целевой функции. Это объясняется введением в модель значительного числа дополнительных переменных (как вещественных, так и булевых) и соответствующих ограничений для линеаризации модели. Особенно негативно на работе коэволюционного алгоритма сказывается наличие ограничений-равенств на вещественные переменные.

Однако для коэволюционного алгоритма условной оптимизации не является критичным наличие модели в виде линейного программирования. Следовательно, указанную математическую модель можно упростить с целью сокращения числа переменных и ограничений. В результате упрощения получаем задачу оптимизации со следующими целевой функцией и ограничениями:

$$\min \sum_{i=1}^{P} \left(g_i \alpha_i + h_i \beta_i \right),$$

$$E_i \le x_i \le L_i, \quad i = 1, ..., P,$$

$$x_j \ge x_i + S_{ij}, \ \forall (i, j) \in W, \delta_{ij} = 1,$$

где x_i – реальное время прибытия самолета; P – число самолетов; $[E_i; L_i]$ – допустимый временной интервал для приземления; S_{ij} – ограничительный временной интервал между посадками i-го и j-го самолетов; α_i – разность между ранним и целевым временем прибытием самолета; β_i – разность между поздним и целевым временем прибытия; g_i – штраф за раннее прибытие; h_i – штраф за позднее прибытие; W – множество пар самолетов, для

Таблица 1

Параметры индивидуальных алгоритмов

Алгоритм	Селекция	Скрещивание	Мутация	Метод учета ограничений
1	Пропорциональная	Одноточечное	Слабая	«Смертельные» штрафы + «лечение»
2	Турнирная (3)	Двухточечное	Средняя	Адаптивные штрафы
3	Ранговая	Равномерное	Средняя	Адаптивные штрафы
4	Пропорциональная	Равномерное	Сильная	Динамические штрафы
5	Ранговая	Одноточечное	Средняя	Динамические штрафы

Таблица 2

Сравнение различных схем миграции

Задача	Пропорционально-групповая	Паретовская	Миграция 3
1	0,956	0,898	0,914
2	0,97	0,918	0,96
3	0,146	0,096	0,026
4	0,086	0,052	0,072
5	0,782	0,162	0,406
6	0,164	0,02	0,01
7	0,786	0,618	0,652
8	0,224	0,042	0,034

которых временные ограничений не выполняются автоматически; $д_{ij}$ – флаг прибытия j-го самолета после i-го.

Сформулированная задача включает P вещественных переменных x_i, переменные α_i, β_i, δ_{ij} однозначно определяются через x_i. Число ограничений не более $[2P + P(P-1)/2]$, все из которых представлены неравенствами. Модификация математической модели при неизменных интервале для вещественных переменных и шаге дискретизации позволяет сократить длину индивида до 100 бит, сократить объем поискового пространства с $10^{90} \cdot 2^{100} \approx 10^{120}$ до 10^{30}. Далее приведены исходные числовые данные и результаты решения задачи коэволюционным алгоритмом условной оптимизации (табл. 3–5).

Параметры индивидуальных алгоритмов указаны в табл. 1. Начальное число индивидов для каждой подпопуляции – 2 500 при числе поколений 100, что соответствует $1{,}25 \cdot 10^6$ вычислений целевой функции с ограничениями, т. е. алгоритм просматривает $1{,}25 \cdot 10^{-24}$ поискового пространства, время работы 5...6 мин на компьютере с процессором Intel Dual-Core с тактовой частотой 1,86 ГГц, 1 Гб оперативной памяти, операционной системой Windows XP.

Следует отметить важность выбора при больших размерах популяций метода сортировки при реализации алгоритма. В данной работе использовалась «быстрая» сортировка [10], в то время как менее эффективные методы (например, обменная сортировка) могут приводить к увеличению времени работы алгоритма в десятки раз.

Решение со значением целевой функции 700 является глобальным оптимумом задачи, другие указанные решения близки к нему. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности использования коэволюционного алгоритма условной оптимизации для решения приведенной практической задачи.

Таким образом, разработан и исследован коэволюционный генетический алгоритм решения задач условной оптимизации, обладающий способностью автоматической настройки большинства параметров. Основное отличие от ранее разрабатываемых коэволюционных алгоритмов заключается в адаптации на класс задач условной оптимизации и автоматической настройке метода учета ограничений. Проведена модификация двух ключевых шагов коэволюционного алгоритма – миграции (для обеспечения работоспособности алгоритма в целом) и перераспределения ресурсов (с целью повышения эффективности алгоритма).

Проверка коэволюционного алгоритма условной оптимизации на тестовых задачах условной оптимизации и апробация на практической задаче планирования посадок самолетов показывает целесообразность использования алгоритма.

Дальнейшим направлением исследований станет экспериментальное сравнение эффективности коэволюционного алгоритма решения задач условной оптимизации и индивидуальных генетических алгоритмов.

Библиографический список

1. Семенкин, Е. С. Метод обобщенного адаптивного поиска для синтеза систем управления сложными объек-

Таблица 3

Числовые данные задачи составления расписания самолетов

Самолеты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Самое раннее время приземления (ед. вр.)	129	195	89	96	110	120	124	126	135	160
Целевое время	155	258	98	106	123	135	138	140	150	180
Самое позднее время приземления	559	744	510	521	555	576	577	573	591	657
Штраф в денежных единицах, если прилетел раньше	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30
Штраф в денежных единицах, если прилетел позже	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30

Таблица 4

Интервалы безопасности между посадками самолетов (в единицах времени)

Самолеты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–	3	15	15	15	15	15	15	15	15
2	3	–	15	15	15	15	15	15	15	15
3	15	15	–	8	8	8	8	8	8	8
4	15	15	8	–	8	8	8	8	8	8
5	15	15	8	8	–	8	8	8	8	8
6	15	15	8	8	8	–	8	8	8	8
7	15	15	8	8	8	8	–	8	8	8
8	15	15	8	8	8	8	8	–	8	8
9	15	15	8	8	8	8	8	8	–	8
10	15	15	8	8	8	8	8	8	8	–

Таблица 5

Наилучшие решения задачи составления расписания посадок самолетов

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	Целевая функция	Номер поколения
167	258	98	106	119	127	135	143	152	182	780	87
166	258	98	106	119	127	135	143	151	181	710	77
165	258	98	106	118	126	134	142	150	180	700	93

тами / Е. С. Семенкин, В. А. Лебедев. М. : МАКС-Пресс, 2002.

2. Семенкин, Е. С. Об эволюционных алгоритмах решения сложных задач оптимизации / Е. С. Семенкин, А. В. Гуменникова, М. Н. Емельянова, Е. А. Сопов // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 5. Красноярск, 2003. С. 14–23.

3. Сергиенко, Р. Б. Разработка турнирного метода перераспределения ресурсов между подпопуляциями в коэволюционном алгоритме / Р. Б. Сергиенко // Инновационные недра Кузбасса. IT-технологии : сб. науч. тр. Кемерово : ИНТ, 2007. С. 401–404.

4. Michalewicz, Z. Evolutionary algorithms for constrained parameter optimization problems / Z. Michalewicz, M. Schoenauer // Evolutionary Computation, 1996. Vol. 34, № 1. P. 1–32.

5. Рубан, А. И. Методы оптимизации : учеб. пособие / А. И. Рубан. Красноярск : НИИ ИПУ, 2001.

6. Ворожейкин, А. Ю. Адаптивные эволюционные алгоритмы решения сложных задач оптимизации : дисс. … канд. техн. наук / А. Ю. Ворожейкин. Красноярск, 2008.

7. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / В. Е. Гмурман. М. : Высш. образование, 2006.

8. Carr, G. C. Airline arrival prioritization in sequencing and scheduling [Electronic resours] / G. C. Carr, H. Erzberger, F. Neuman // Air Traffic Management R&D Seminar. Orlando, 1998. Access mode: http://www.ctas.arc.nasa.gov/publications. Title from a display.

9. Scheduling aircraft landings – the static case / J. E. Beasley, M. Krishnamoorthy, Y. M. Sharaiha, D. Abramson // Transportation Science. 2000. Vol. 34. P. 180–197.

10. Шилдт, Г. Теория и практика C++ / Г. Шилдт. СПб. : BHV-Санкт-Петербург, 1996

E. S. Semenkin, R. B. Sergienko

COEVOLUTIONARY GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING COMPLEX PROBLEMS OF CONSTRAINED OPTIMIZATION

Coevolutionary algorithm of constrained optimization with automatic tuning of parameters is considered. The process of development and results of effectiveness investigation are described. The algorithm effectiveness is illustrated on the task of aircrafts' landing scheduling.

Keywords: genetic algorithm, constrained optimization, coevolution.

УДК 519.682

О. И. Егорушкин, Д. А. Калугин-Балашов, К. В. Сафонов

О РАЗРЕШИМОСТИ СИСТЕМ НЕКОММУТАТИВНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ, ПОРОЖДАЮЩИХ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫЕ ЯЗЫКИ

Рассматриваются системы алгебраических (полиномиальных) уравнений над некоммутативным относительно умножения кольцом. Получено условие разрешимости таких систем в виде формальных степенных рядов, изучаются системы линейных алгебраических уравнений, для которых исследована возможность понижения порядка систем. Рассмотренные системы обобщают свойства систем уравнений, определяющих контекстно-свободные и линейные языки.

Ключевые слова: контекстно-свободные языки, системы алгебраических уравнений, некоммутативное кольцо, коммутативный образ, граф инцидентности

Формальным языком L называют множество цепочек в алфавите $\{x_1, \ldots, x_n\}$ выделенных с помощью конечного набора правил. Выделенные цепочки, принадлежащие свободной полугруппе $\{x_1, \ldots, x_n\}^*$, называются при этом либо словами (над алфавитом), либо правильно построенными предложениями (над словарем), либо грамматически правильными предложениями. Конечное множество правил, с помощью которых выделяются цепочки, называют грамматикой. Таким образом, формальный язык определяется совокупностью соответствующих правил и способом выделения цепочек с помощью этих правил.

Практически важный класс формальных языков образуют контекстно-свободные языки (кс-языки), поскольку они являются адекватным средством моделирования естественных языков, а также языков программирования [1–3]. Обозначим $W = \{x_1, \ldots, x_n\} \cup \{z_1, \ldots, z_n\}$ свободную полугруппу с операцией умножения; ее элементами являются произвольные цепочки, составленные из элементов «расширенного» алфавита $\{x_1, \ldots, x_n, z_1, \ldots, z_n\}$.

Рассмотрим играющее роль словаря конечное множество $X = \{x_1, \ldots, x_n\}$, состоящее из слов x_i языка и называемое терминальным множеством, а также $Z = \{z_1, \ldots, z_m\}$ –

множество вспомогательных символов z_j, необходимых для задания грамматических правил, называемое нетерминальным множеством; $W^* = (X \cup Z)^*$ – соответствующая свободная полугруппа относительно операции конкатенации. Дополним ее операцией формального сложения «+» мономов из множества W^* (вместо суммы можно взять объединение « $\cup$ », следуя работе [1]), а также коммутативной операцией умножения мономов на (целые) числа. Таким образом, можно рассматривать не только многочлены, но и формальные степенные ряды с числовыми (как правило, целыми) коэффициентами от некоммутативных переменных.

Кс-грамматика есть совокупность правил подстановки, которые каждому нетерминальному символу z_i ставят в соответствие некоторый моном от терминальных и нетерминальных символов:

$$z_i \to f_{i1}(x,z), ..., z_i \to f_{iq}(x,z),$$

где z_1 – особый, выделенный символ – начальный символ предложения (или программы). Правилам подстановки ставится в соответствие [3] система полиномиальных уравнений: каждому вспомогательному символу z_j, содержащемуся в левой части подстановки сопоставляется уравнение $z_j = p_j(x,z)$, где

$$p_i(x,z) = f_i(x,z) + \ldots + f_i(x,z).$$

Таким образом, кс-грамматике соответствует система полиномиальных уравнений

$$z_j = p_j(x,z), j = 1, \ldots, m, \qquad (1)$$

и кс-языком называется [3; 4] первая компонента z_j решения $(z_1(x), \ldots, z_m(x))$ этой системы полиномиальных уравнений, получаемого методом последовательных приближений:

$$z_i^{(k+1)} = p_i(x, z^{(k)}), z_i^{(0)} = 0, i = 1, \ldots, m,$$

где $z^{(k)} = (z_i^{(k)}, ..., z_m^{(k)})$, 0 – нулевой моном, такой, что $0 \cdot u = u \cdot 0 = 0$ для любого монома u.

В результате итераций каждая компонента z_j выражается формальным степенным рядом, причем кс-язык и есть тот формальный степенной ряд, который представляет выделенный символ z_1:

$$z_1 = \sum_i < z_1, w_i > w_i , \qquad (2)$$

где $< z_1, w_j >$ – числовой коэффициент, с которым моном w_j от некоммутативных переменных входит в ряд z_1. Мономы w_j являются грамматически правильными предложениями, которые могут быть построены в данном языке из слов $x_1, \ldots, x_n$ этого языка, а весь ряд (2), т. е. формальная сумма всех правильных предложений, и является данным кс-языком. Построение системы уравнений (1) по грамматическим правилам языка приведено выше, причем условие того, что язык является контекстно-свободным, состоит также и в том, что многочлены $p_j(x,z)$ не содержат мономов z_j и e, где e – пустая цепочка. Таким образом, существование и единственность решения системы (1) обеспечивается ее специфической структурой в совокупности с методом последовательных приближений.

Рассмотрим общий случай, а именно ассоциированную с контекстно-свободными языками произвольную систему алгебраических (полиномиальных) уравнений:

$$q_i(x,z) = 0, i = 1, \ldots, m. \qquad (3)$$

Решением этой системы назовем выражение символов z_i в виде формальных степенных рядов от x, подстановка которых в многочлены $q_i(x,z)$ обращает их в нуль. Нас интересует, каковы условия, при которых система (3) имеет такое решение, и способ получения искомых рядов.

Поставим в соответствие формальному степенному ряду (многочлену) ряд (многочлен) с комплексными переменными, задав отображение терминальных x_i и нетерминальных z_i символов из множества $X \cup Z$ в множество комплексных переменных, причем за нетерминальными переменными z_i оставляем прежние обозначения, а терминальные символы x_i отображаем в комплексные переменные z_i соответственно, тогда $(x,z) \in C_{x,z}^{m+n}$. Таким образом, получаем фиксированный гомоморфизм, который ставит в соответствие формальному ряду (2) его коммутативный образ – степенной ряд от комплексных переменных

$$ci(r) = \sum_k a_k z^k ,$$

где

$$a_k z^k = a_{k_1, \ldots, k_n} z_1^{k_1} \ldots z_1^{k_n},$$

$$a_k = \sum_{\#x_1(w_i) = k_1, \ldots, \#x_n(w_i) = k_n} < r, w_i > ,$$

символ $\#c(d)$ означает число вхождений символа c в моном d. Коммутативный образ кс-языка является алгебраической функцией, голоморфной в некоторой окрестности нуля, как показывают оценки коэффициентов степенного ряда.

Имеет место следующая теорема.

Теорема 1. Если выполнено условие

$$J = \det\left(\frac{\partial(ci(q_i(0,0))}{\partial z_j}\right) \neq 0, \qquad (4)$$

то система (3) имеет единственное решение в виде формальных степенных рядов, выражающих вектор-функцию z через компоненты вектора x.

Для доказательства заметим, что если формальные ряды $z = z(x)$ удовлетворяют системе уравнений $q(x,z) = 0$ то выполняется условие

$$ci(q(x, ci(z(x)))) = 0.$$

И хотя обратное неверно, условие (4) для якобиана J обеспечивает существование и единственность решения системы $ci(q(x, z)) = 0$; обозначим это решение $ci(z(x))$. Учитывая, что условие (4) означает линейную независимость градиентов коммутативных образов многочленов, а также используя метод мономиальных меток, предложенный в [4], получаем, что это решение действительно является коммутативным образом некоторого решения исходной некоммутативной системы.

Далее, в силу невырожденности матрицы Якоби в начале координат, можно сделать линейную замену переменных z_i, в результате которой эта матрица становится единичной, что и приводит систему (3) к виду (1), в результате чего ее можно решать методом последовательных приближений. Искомые ряды равны линейной комбинации получаемых рядов.

Рассмотрим теперь системы линейных алгебраических уравнений над некоммутативным кольцом, тесно свя-

занные с линейными языками [1]. Возможные методы решения этих систем в виде рядов должны учитывать как некоммутативность переменных по умножению, так и отсутствие операции деления в кольце *W*. Нам понадобятся некоторые определения.

L-операторами называются отображения $L: W \to W$, действие которых заключается в умножении элемента кольца *W* слева и справа на некоторые мономы *l* и *r*: $L(z) = l \cdot z \cdot r \cdot L(z) = l \cdot z \cdot r$.

Основные свойства *L*-операторов:

1) $L(\alpha z_1 + \beta z_2) = L(\alpha z_1) + L(\beta z_2)$ – линейность;

2) если $L_1(z) = l_1 z r_1$ и $L_2(z) = l_2 z r_2$, то $L_1(L_2(z)) = L_1(l_2 z r_2) = l_1 l_2 z r_2 r_1 = L_3(z)$ – композиция *L*-операторов является *L*-оператором.

Уравнение $f(z_1, \ldots, z_m) = g(z_1, \ldots, z_m)$ называется приведенным, если не существует такого *L*-оператора *R*, что $f(z_1, \ldots, z_m) = R(f_1(z_1, \ldots, z_m))$ и $g(z_1, \ldots, z_m) = R(g_1(z_1, \ldots, z_m))$. Если уравнение не является приведенным, то его можно привести к эквивалентному, отбросив оператор *R*.

Система линейных алгебраических уравнений порядка *n* над некоммутативным кольцом имеет вид

$$\begin{cases} \sum\limits_k l_{1,1,k} L_{1,1,k}(z_1) + \sum\limits_k l_{1,2,k} L_{1,2,k}(z_2) + \ldots + \\ + \sum\limits_k l_{1,n,k} L_{1,n,k}(z_n) = \sum\limits_k \varphi_{1,k} \Phi_{1,k}, \\ \sum\limits_k l_{2,1,k} L_{2,1,k}(z_1) + \sum\limits_k l_{2,2,k} L_{2,2,k}(z_2) + \ldots + \\ + \sum\limits_k l_{2,n,k} L_{2,n,k}(z_n) = \sum\limits_k \varphi_{2,k} \Phi_{2,k}, \\ \ldots \\ \sum\limits_k l_{n,1,k} L_{n,1,k}(z_1) + \sum\limits_k l_{n,2,k} L_{n,2,k}(z_2) + \ldots + \\ + \sum\limits_k l_{n,n,k} L_{n,n,k}(z_n) = \sum\limits_k \varphi_{n,k} \Phi_{n,k}, \end{cases}$$

где $l_{i,j,k}$, $\varphi_{i,k}$ – действительные коэффициенты; $L_{i,j,k}(z)$ – *L*-операторы; $\Phi_{j,k}$ – мономы. Можно считать, что все уравнения системы являются приведенными.

Покажем, как исключать из данной системы одно неизвестное и одно уравнение. Исключаем, например, неизвестное z_n. Для каждого уравнения системы оставим все слагаемые с z_n в левой части, а все остальные слагаемые перенесем в правую часть, переписав систему в виде

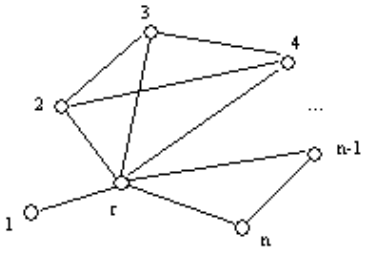
$$\begin{cases} \sum\limits_k l_{1,n,k} L_{1,n,k}(z_n) = \\ = \sum\limits_k \varphi_{1,k} \Phi_{1,k} - \sum\limits_k l_{1,1,k} L_{1,1,k}(z_1) - \ldots - \sum\limits_k l_{1,n-1,k} L_{1,n-1,k}(z_{n-1}), \\ \sum\limits_k l_{2,n,k} L_{2,n,k}(z_n) = \\ = \sum\limits_k \varphi_{2,k} \Phi_{2,k} - \sum\limits_k l_{2,1,k} L_{2,1,k}(z_1) - \ldots - \sum\limits_k l_{2,n-1,k} L_{2,n-1,k}(z_{n-1}), \\ \ldots \\ \sum\limits_k l_{n,n,k} L_{n,n,k}(z_n) = \\ = \sum\limits_k \varphi_{n,k} \Phi_{n,k} - \sum\limits_k l_{n,1,k} L_{n,1,k}(z_1) - \ldots - \sum\limits_k l_{n,n-1,k} L_{n,n-1,k}(z_{n-1}). \end{cases}$$

Построим граф с *n* вершинами, *i*-я вершина которого соответствует $\sum\limits_k l_{i,n,k} L_{i,n,k}(z_n)$. Вершины *i* и *j* инцидентны, если существуют такие *L*-операторы R_{ij} и R_{ji}, что выполняется равенство

$$R_{ij}\left(\sum_k l_{i,n,k} L_{i,n,k}(z_n)\right) = R_{ji}\left(\sum_k l_{j,n,k} L_{j,n,k}(z_n)\right).$$

При этих обозначениях и условиях имеет место следующая теорема.

Теорема 2. Порядок *n* системы линейных алгебраических уравнений можно понизить до –1, если существует такая вершина *r*, которая смежная всем остальным вершинам *n*. Каждому ребру, инцидентному вершине *r*, соответствует одно уравнение новой системы. Очевидно, что таких ребер будет *n* – 1, следовательно, и порядок новой системы будет *n* – 1 (при выполнении условий теоремы для одной вершины граф инцидентности имеет вид, например такой, как на рисунке).



Граф инцидентности вершины *r*

В случае выполнения условий теоремы 2 полученная система запишется в виде

$$\begin{cases} R_{r,1}\left(\sum\limits_k \varphi_{r,k}\Phi_{r,k} - \sum\limits_k l_{r,1,k} L_{r,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} L_{r,n-1,k}(z_{n-1})\right) = \\ = R_{1,r}\left(\sum\limits_k \varphi_{1,k}\Phi_{1,k} - \sum\limits_k l_{1,1,k} L_{1,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{1,n-1,k} L_{1,n-1,k}(z_{n-1})\right), \\ R_{r,2}\left(\sum\limits_k \varphi_{r,k}\Phi_{r,k} - \sum\limits_k l_{r,1,k} L_{r,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} L_{r,n-1,k}(z_{n-1})\right) = \\ = R_{2,r}\left(\sum\limits_k \varphi_{2,k}\Phi_{2,k} - \sum\limits_k l_{2,1,k} L_{2,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{2,n-1,k} L_{2,n-1,k}(z_{n-1})\right), \\ \ldots \\ R_{r,n}\left(\sum\limits_k \varphi_{r,k}\Phi_{r,k} - \sum\limits_k l_{r,1,k} L_{r,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} L_{r,n-1,k}(z_{n-1})\right) = \\ = R_{n,r}\left(\sum\limits_k \varphi_{n,k}\Phi_{n,k} - \sum\limits_k l_{n,1,k} L_{n,1,k}(z_1) - \right. \\ \left. - \ldots - \sum\limits_k l_{n,n-1,k} L_{n,n-1,k}(z_{n-1})\right). \end{cases}$$

Используя свойство линейности *L*-оператора, преобразуем эту систему к виду

$$
\begin{cases}
\sum\limits_k \varphi_{r,k} R_{r,1}\left(\Phi_{r,k}\right) - \sum\limits_k l_{r,1,k} R_{r,1}\left(L_{r,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} R_{r,1}\left(L_{r,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right) = \\
= \sum\limits_k \varphi_{1,k} R_{1,r}\left(\Phi_{1,k}\right) - \sum\limits_k l_{1,1,k} R_{1,r}\left(L_{1,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{1,n-1,k} R_{1,r}\left(L_{1,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right), \\
\sum\limits_k \varphi_{r,k} R_{r,2}\left(\Phi_{r,k}\right) - \sum\limits_k l_{r,1,k} R_{r,2}\left(L_{r,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} R_{r,2}\left(L_{r,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right) = \\
= \sum\limits_k \varphi_{2,k} R_{2,r}\left(\Phi_{2,k}\right) - \sum\limits_k l_{2,1,k} R_{2,r}\left(L_{2,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{2,n-1,k} R_{2,r}\left(L_{2,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right), \\
\ldots \\
\sum\limits_k \varphi_{r,k} R_{r,n}\left(\Phi_{r,k}\right) - \sum\limits_k l_{r,1,k} R_{r,n}\left(L_{r,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{r,n-1,k} R_{r,n}\left(L_{r,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right) = \\
= \sum\limits_k \varphi_{n,k} R_{n,r}\left(\Phi_{n,k}\right) - \sum\limits_k l_{n,1,k} R_{n,r}\left(L_{n,1,k}\left(z_1\right)\right) - \\
- \ldots - \sum\limits_k l_{n,n-1,k} R_{n,r}\left(L_{n,n-1,k}\left(z_{n-1}\right)\right).
\end{cases}
$$

Так как композиция L-операторов есть L-оператор, то полученная система является системой линейных алгебраических уравнений (над некоммутативным кольцом), ее порядок равен $n - 1$. Тем самым порядок системы понижен на единицу, исключена неизвестная z_n.

Библиографический список

1. Глушков, В. М. Алгебра, языки, программирование / В. М. Глушков, Г. Е. Цейтлин, Е. Л. Ющенко. Киев : Наукова думка, 1974.

2. Семенов, А. Л. Алгоритмические проблемы для степенных рядов и контекстно-свободных грамматик / А. Л. Семенов // Доклады АН СССР. 1973. Т. 212. С. 50–52.

3. Сафонов, К. В. О возможности вычислительного распознавания контекстно-свободных языков / К. В. Сафонов // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10. № 4. С. 91–98.

4. Сафонов, К. В. О синтаксическом анализе и проблеме В. М. Глушкова распознавания контекстно-свободных языков Хомского / К. В. Сафонов, О. И. Егорушкин // Вестн. Том. гос. ун-та. Прил. 2006. № 17. С. 63–66.

O. I. Egorushkin, D. A. Kalugin-Balashov, K. V. Safonov

ON SYSTEM SOLVABILITY OF NON-COMMUTATIVE ALGEBRAIC EQUATIONS GERATED CONTEXT CONTEXT-FREE LANGUAGES

Systems of algebraic (polynominal) equations under non-commutative one relative to a multiplication ring are considered. The paper considers the solvability condition of such systems as formal power series, systems of linear algebraic equations. The reduction possibility of the system degree was investigated for such equations. The given systems generalize features of equation systems determining context-free and linear languages.

Keywords: context-free languages, system of algebraic equations, not-commutative ring, not-commutative image, incident graph.

УДК 519.866

П. Н. Победаш

АСИМПТОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВУХКРИТЕРИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РЕАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ НА ОСНОВЕ *Z*-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Предлагается приложение z-преобразования к асимптотическому анализу линейных многошаговых задач оптимального управления на примере двухкритериальной модели оптимизации реальных инвестиций предприятия с неограниченным количеством видов производимой продукции и/или спросом на нее на бесконечном горизонте планирования.

Ключевые слова: z-преобразование, двухкритериальная модель оптимального управления, планирование инвестиций.

В данной работе рассматривается задача, обобщающая задачу из работы [1] на случай двух критериев, которую сформулируем следующим образом. Предприятие имеет капитал K_0. При этом государственный орган (ГО) для реализации инвестиционного проекта (ИП) выделяет инвестиции не более величины I_0 на приоб-

ретение активных основных производственных фондов (ОПФ) n видов. Необходимо определить стоимость (количество) всех приобретаемых в моменты $t = 1, \ldots, T$ ОПФ каждого вида, при которых дисконтированные суммы собственных средств предприятия и его налоговых поступлений в ГО максимальны за все время действия ИП. При этом выполнены следующие основные предпосылки:

1) учитываются налоги, составляющие большую часть затрат предприятия: налог на добавленную стоимость (НДС), налог на прибыль (НП), налог на имущество (НИ), единый социальный налог (ЕСН) и отчисления в фонд оплаты труда (ФОТ);

2) предприятие имеет достаточные запасы сырья;

3) срок T действия ИП меньше сроков T_k службы единицы ОПФ каждого типа: $T < T_k$ $(k = 1, ..., n)$;

4) на ОПФ каждого вида производится лишь один тип продукции. С учетом приведенных предпосылок сформулированная выше задача имеет вид двухкритериальной многошаговой задачи линейного программирования (МЗЛП), которую, согласно работе [2], назовем моделью $B1$:

$$x_k(t+1) = x_k(t) + u_k(t)$$

$$(k = 1, ..., n;\ t = 0, ..., T-1),$$

$$x_{n+1}(t+1) = -\sum_{k=1}^{n} x_k(t)/T_k + x_{n+1}(t) +$$

$$+\sum_{k=1}^{n} u_k(t)\ (t = 0, ..., T-1)$$

$$x_{n+2}(t+1) = -\alpha_2 x_{n+1}(t) + x_{n+2}(t) -$$

$$-\sum_{k=1}^{n} u_k(t) + u_{2n+1}(t) + u_{2n+2}(t)\ (t = 0), \qquad (1)$$

$$x_{n+2}(t+1) = \alpha_3 \sum_{k=1}^{n} \frac{x_k(t)}{T_k} - \theta x_{n+1}(t) + x_{n+2}(t) -$$

$$-\sum_{k=1}^{n} u_k(t) + \gamma \sum_{k=1}^{n} u_{n+k}(t)\ \ (t = 1, ..., T-1);$$

$$x_k(0) = 0\ (k = 1, ..., n+2);$$

$$x_{n+2}(t) \ge 0\ \ (t = 1, ..., T),$$

$$-\sum_{k=1}^{n} \frac{x_k(t)}{T_k} - \alpha_2 x_{n+1}(t) +$$

$$+(1-\beta)\sum_{k=1}^{n} u_{n+k}(t) \ge 0\ \ (t = 1, ..., T-1);$$

$$u_{n+k}(t) \le \delta_k x_k(t)\ \ (k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1),$$

$$u_{2n+1}(0) \le I_0,\ u_{2n+2}(0) \le K_0,$$

$$u_k(t) \ge 0\ \ (k = 1, ..., n;\ t = 0, ..., T-1),$$

$$u_{n+k}(t) \ge 0\ \ (k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1),$$

$$u_{2n+1}(0) \ge 0,\ \ u_{2n+2}(0) \ge 0,$$

$$J = \{J_1, J_2\} \to \max, \qquad (2)$$

где $J_1 = -u_{2n+1}(0) - u_{2n+2}(0) +$

$$\sum_{t=1}^{T-1} \frac{\left[\alpha_3 \sum_{k=1}^{n} \frac{x_k(t)}{T_k} - \theta x_{n+1}(t) + \gamma \sum_{k=1}^{n} u_{n+k}(t)\right]}{(1+r)^t} + \frac{\delta_{x_{n+1}}(T)}{(1+r)^{T-1}},$$

$$J_2 = \sum_{t=T^2}^{T-1} \frac{\left[-\alpha_3 \sum_{k=1}^{n} \frac{x_k(t)}{T_k} + \theta x_{n+1}(t) + \rho \sum_{k=1}^{n} u_{n+k}(t)\right]}{(1+r)^t}$$ – соответственно дисконтированная сумма собственных средств предприятия и налоговых поступлений в ГО; $u_k(t)$ $(t = 0, ..., T-1)$, $u_{n+k}(t)$ $(k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1)$, $u_{2n+1}(0)$ и $u_{2n+2}(0)$ – стоимость приобретаемых ОПФ, выручка от реализации продукции k-го типа, внешние и внутренние инвестиции соответственно; $x_k(t)$ $(k = 1, ..., n)$, $x_{n+1}(t)$, $x_{n+2}(t)$ $(t = 0, ..., T)$ – соответственно накопленная стоимость всех ОПФ k-го типа, остаточная стоимость всех ОПФ, текущие денежные средства предприятия в момент t; V_k, T_k, c_k и P_k – соответственно производительность, срок службы, стоимость единицы ОПФ и стоимость единицы продукции k-го типа; I_0, K_0 – суммы внешних и внутренних инвестиций, выделяемых на весь срок действия ИП; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – ставки НДС, НИ, НП и ЕСН соответственно (НДС включается в цену продукции, поэтому можно считать, что $\alpha_1 = 0$); β – доля выручки от реализации, выделяемая на ФОТ; $\theta = (1-\alpha_3)\alpha_2$, $\delta_k = P_k V_k / c_k$ $(k = 1, ..., n)$, $\gamma = (1-\alpha_3)(1-\beta)$, $\rho = (1-\beta)\alpha_3 + \alpha_4\beta$, r – ставка доходности ИП; δ $(0 \le \delta \le 1)$ – доля остаточной стоимости всех ОПФ на момент $t = T$ от ее балансовой стоимости, определяемая в общем случае экспертно.

Согласно исследованию [3], многокритериальная МЗЛП (ММЗЛП) (1), (2) равносильна однокритериальной задаче с условиями (1) и максимизацией свертки критериев $J(\mu) = \mu_1 J_1 + \mu_2 J_2$, где $\mu \in M = \{(\mu_1; \mu_2) \in E^2 \mid \mu_i > 0\ (i = 1, 2);\ \mu_1 + \mu_2 = 1\}$ – вектор параметров, E^2 – двумерное евклидово пространство. Поскольку $\mu_2 = 1 - \mu_1$, то, обозначая $\mu = \mu_1$, перейдем от ММЗЛП (1), (2) к эквивалентной ей однокритериальной задаче (1) при следующем условии:

$$J(\mu) = \mu J_1 + (1-\mu) J_2 \to \max\ (\mu \in (0; 1)). \qquad (3)$$

Для задачи (1), (3) имеет место лемма [2], аналогичная лемме из публикации [1].

Лемма. Для оптимальных значений переменных $u^*_{n+k}(t)$ и $x^*_k(t)$ $(k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1)$ модели (1), (3) справедливо равенство

$$u^*_{n+k}(t) = \delta_k x^*_k(t)\ (k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1). \qquad (4)$$

Здесь и далее * обозначены оптимальные значения переменных и критериев. Условие (4) означает следующее: в оптимуме выручка от реализации в модели (1), (3) (а значит, и в задаче (1), (2)) равна стоимости произведенной по каждому виду продукции.

Рассмотрим задачу двухкритериальной оценки ИП, описанного моделью (1), (2), когда продажа ОПФ предприятием не предполагается, т. е. $\delta = 0$. Для применения z-преобразования к анализу модели (1), (3), доопределим управления, $u_k(t)$ $(k = 2n+1, 2n+2;\ t = 1, ..., T-1)$ до вектора постоянной размерности $n + 2$ (поскольку переменные $u_{n+k}(t)$ $(k = 1, ..., n;\ t = 1, ..., T-1)$ можно исключить согласно (4)), полагая отсутствующие переменные равными нулю, т. е. дополняя указанную задачу условиями $u_{2n+1}(t) \le 0$, $u_{2n+1}(t) \ge 0$; $u_{2n+2}(t) \le 0$, $u_{2n+2}(t) \ge 0$ $(t = 1, ..., T-1)$. Учитывая (4) и начальные условия, запишем ее ограничения и критерии единообразно, перейдя к МЗЛП:

$$x_k(t+1) = x_k(t) + u_k(t)$$
$$(k = 1, ..., n; t = 0, ..., T-1),$$
$$x_{n+1}(t+1) = -\sum_{k=1}^{n} x_k(t)/T_k + x_{n+1}(t) +$$
$$+\sum_{k=1}^{n} u_k(t) \quad (t = 0, ..., T-1)$$
$$x_{n+2}(t+1) = \sum_{k=1}^{n} \gamma_k x_k(t) - \theta x_{n+1}(t) + x_{n+2}(t) -$$
$$-\sum_{k=1}^{n} u_k(t) + u_{2n+1}(t) + u_{2n+2}(t) \ (t = 0, ..., T-1);$$
$$x_k(0) = 0 \quad (k = 1, ..., n+2); \qquad (5)$$
$$x_{n+2}(t+1) \ge 0 \quad (t = 0, ..., T-1),$$
$$\sum_{k=1}^{n} \sigma_k x_k(t) - \alpha_2 x_{n+1}(t) \ge 0 \quad (t = 0, ..., T-1),$$
$$u_{2n+1}(t) \le I_0, u_{2n+2}(t) \le K_0 \ (t = 0);$$
$$u_{2n+1}(t) \le 0, \ u_{2n+2}(t) \le 0 \ (t = 1, ..., T-1),$$
$$u_k(t) \ge 0 \quad (k = 1, ..., n; 2n+1, 2n+2; t = 0, ..., T-1);$$
$$\overline{J}(\mu) = \mu \overline{J}_1 + (1-\mu)\overline{J}_2 \to \max \ (\mu \in (0;1)),$$

где $\overline{J}_1 = \sum_{t=0}^{T-1} \frac{\left[\sum_{k=1}^{n} \gamma_k x_k(t) - \theta x_{n+1}(t) - u_{2n+1}(t) - u_{2n+2}(t)\right]}{(1+r)^t}$;

$\overline{J}_2 = \sum_{t=0}^{T-1} \frac{\left[\sum_{k=1}^{n} \omega_k x_k(t) + \theta x_{n+1}(t)\right]}{(1+r)^t}$; $\gamma_k = \alpha_3 / T_k + \gamma\delta_k$;

$\omega_k = -\alpha_3 / T_k + \rho\delta_k$; $\sigma_k = (1-\beta)\delta_k - 1/T_k$ $(k = 1, ..., n)$. По построению для целевых критериев $J(\mu)$ и $\overline{J}(\mu)$ соответственно задач (1), (3) и (5) имеет место неравенство: $J(\mu) \le \overline{J}(\mu)$. В частности,

$$J^*(\mu) \le \overline{J}^*(\mu) \ (\mu \in (0;1)). \qquad (6)$$

Полагая $z = 1 + r > 1$, перейдем в задаче (5) к пределу при $T \to \infty$. В силу предпосылки (3), $T \to +\infty \Rightarrow T_k \to +\infty$, откуда следует, что $\gamma_k \to \gamma\delta_k$, $\omega_k \to \rho\delta_k$, $\sigma_k \to (1-\beta)\delta_k$ $(k = 1, ..., n)$. Применяя к последней МЗЛП z-преобразование и учитывая формулу $Z(x(t+1)) = z[X(z) - x(0)]$, получим двухпараметрическую (по параметрам μ и z) статическую задачу линейного программирования (ЗЛП):

$$zX_k(z) = X_k(z) + U_k(z) \ (k = 1, ..., n),$$
$$zX_{n+1}(z) = X_{n+1}(z) + \sum_{k=1}^{n} U_k(z),$$
$$zX_{n+2}(z) = \gamma \sum_{k=1}^{n} \delta_k X_k(z) - \theta X_{n+1}(z) +$$
$$+X_{n+2}(z) - \sum_{k=1}^{n} U_k(z) + U_{2n+1}(z) + U_{2n+2}(z),$$
$$zX_{n+2}(z) \ge 0,$$
$$(1-\beta)\sum_{k=1}^{n} \delta_k X_k(z) - \alpha_2 X_{n+1}(z) \ge 0, \qquad (7)$$
$$U_{2n+1}(z) \le I_0, U_{2n+2}(z) \le K_0;$$
$$U_k(z) \ge 0 \quad (k = 1, ..., n; 2n+1, 2n+2);$$
$$\overline{J}(\mu, z) = \mu \overline{J}_1(z) + (1-\mu)\overline{J}_2(z) \to \max \ (\mu \in (0;1); z > 1),$$

где $\overline{J}_1(z) = \gamma \sum_{k=1}^{n} \delta_k X_k(z) - \theta X_{n+1}(z) - U_{2n+1}(z) - U_{2n+2}(z)$,

$\overline{J}_2(z) = \rho \sum_{k=1}^{n} \delta_k X_k(z) + \theta X_{n+1}(z)$,

$U_j(z) = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(t) z^{-t}$ $(j = 1, ..., n; 2n+1, 2n+2)$ и

$X_k(z) = \sum_{t=0}^{\infty} x_k(t) z^{-t}$ $(k = 1, ..., n+2)$ – z-изображения управляющих и фазовых переменных задачи (5), $J(\mu, z) = \lim_{T \to \infty} \overline{J}(\mu)$, причем при $T \to +\infty$ по построению $\overline{J}^*(\mu) \le \overline{J}^*(\mu, z)$ $(\mu \in (0;1))$, откуда в силу выражения (6) получим

$$J^*(\mu) \le \overline{J}^*(\mu, z) \ (\mu \in (0;1); z > 1). \qquad (8)$$

Выражая из уравнений в ЗЛП (7) переменные $X_k(z)$ $(k = 1, ..., n+2)$, имеем

$$X_k(z) = \frac{U_k(z)}{z-1} \ (k = 1, ..., n),$$
$$X_{n+1}(z) = \frac{\sum_{k=1}^{n} U_k(z)}{z-1},$$
$$X_{n+2}(z) =$$
$$= \frac{\sum_{k=1}^{n} (\gamma\delta_k - \theta - z + 1)U_k(z) + (z-1)(U_{2n+1}(z) + U_{2n+2}(z))}{(z-1)^2}.$$

Подставляя последние формулы в оставшиеся выражения указанной задачи и учитывая, что $z = 1 + r > 1$, запишем параметрическую статическую задачу, совпадающую с приведенной в работе [2] и эквивалентную модели *ZB*1:

$$\sum_{k=1}^{n} (\theta + r - \gamma\delta_k)U_k(z) - r(U_{2n+1}(z) + U_{2n+2}(z)) \le 0,$$
$$\sum_{k=1}^{n} (\theta - \gamma\delta_k)U_k(z) \le 0,$$
$$U_{2n+1}(z) \le I_0, U_{2n+2}(z) \le K_0,$$
$$U_k(z) \ge 0 \ (k = 1, ..., n; 2n+1, 2n+2), \qquad (9)$$
$$\overline{J}(\mu, z) = \frac{1}{r}\sum_{k=1}^{n} \varphi_k U_k(z) - \mu[U_{2n+1}(z) +$$
$$+U_{2n+2}(z)] \to \max \ (\mu \in (0;1))$$

где $\varphi_k = [1-2\mu]\theta + [\mu\gamma + (1-\mu)\rho]\delta_k$ $(k = 1, ..., n; \mu \in (0;1))$.

Заметим, что в указанной работе ММЗЛП (1), (2) получена формально из более общей модели *A*, отличающейся от нее дополнительным ограничением

$$u_{n+k}(t) \le q_k(t+1) \quad (k = 1, ..., n; t = T^2, ..., T-1), \qquad (10)$$

при условиях

$$q_k(t+1) \to +\infty$$
$$(k = 1, ..., n; t = T^2, ..., T-1); \qquad (11)$$
$$T^1 = T^2 = 1.$$

Здесь $q_k(t+1)$ $(k = 1, ..., n; t = T^2, ..., T-1)$ – прогнозный спрос на продукцию k-го типа в момент $t + 1$, T^1 и T^2 – моменты окончания инвестирования и начала производства. При этом, согласно работе [2], в модели *ZA*, полученной после применения z-оператора к задаче *A*, появляются агрегированные ограничения

$$U_{n+k}(z) \le Q_k(z),\ U_{n+k}(z) \le \frac{\delta_k U_k(z)}{z-1}\ (k=1,...,n), \quad (12)$$

где $Q_k(z) \overset{\text{def}}{=} \sum_{t=T^2}^{\infty} q_k(t+1)z^{-t}$ $(k=1,...,n)$. Первое из них в силу условия (11) примет вид $U_{n+k}(z) \le +\infty\ (k=1,...,n)$, и исключается как избыточное, а второе, являющееся единственным ограничением на переменные $U_{n+k}(z)$ $(k=1,...,n; z>1)$ сверху, в оптимуме выполняется как равенство, поскольку целевая функция в *ZA* максимизируется, а ее коэффициенты при указанных переменных положительны:

$$U^*_{n+k}(z) = \frac{\delta_k U^*_k(z)}{z-1}\ (k=1,...,n). \quad (13)$$

Указанное выше совпадение ЗЛП (9) с задачей из монографии [2] подтверждает правильность выводов, полученных в отмеченной работе формальным многократным предельным переходом согласно 1-го из условий (11). При этом рассмотренный выше подход является более строгим (поскольку не использует указанного предельного перехода, а значит, не требует обоснования его правомерности). Отметим, что, если не учитывать «динамические» соотношения (4) (достаточно рутинное доказательство которых приведено в том же источнике), то получим ЗЛП, в которой, в отличие от задачи *ZA*, отсутствует 1-е из неравенств (12). Учитывая «статические» равенства (13), вновь получим ЗЛП (9). Авторская методика из указанной монографии [2] может рассматриваться в качестве правдоподобных и простых наводящих рассуждений (требующих последующего обоснования), позволяющих трактовать задачи (1), (2) и (9) как частные предельные случаи при условиях (11) моделей *A* и *ZA* соответственно. Решение *z*-задачи (9), найденное там же, определяется следующей теоремой.

Теорема 1. Если найдется такой номер $k_0 \in \{1,...,n\}$, что $\delta_{k_0} = \max_{k=1,...,n} \delta_k$, причем $\frac{\theta}{\gamma} \le \delta_{k_0} < \frac{\theta+r}{\gamma}$, то в ЗЛП (9) существует нетривиальное решение

$$U_{k_0}(z) = r(I_0+K_0)/(\theta+r-\gamma\delta_{k_0});$$
$$U_{n+k_0}(z) = \delta_{k_0}(I_0+K_0)/(\theta+r-\gamma\delta_{k_0}),$$
$$U_k(z)=0; U_{n+k}(z)=0\ (k=1,...,n; k\ne k_0);$$
$$U_{2n+1}(z)=I_0, U_{2n+2}(z)=K_0,$$

которому в пространстве критериев соответствует единственная ненулевая Парето-точка с координатами $\overline{\overline{J}}^*_1(z) = \left(\frac{2\gamma\delta_{k_0}-2\theta-r}{\theta+r-\gamma\delta_{k_0}}\right)[I_0+K_0]; \overline{\overline{J}}^*_2(z) = \left(\frac{\theta+\rho\delta_{k_0}}{\theta+r-\gamma\delta_{k_0}}\right)[I_0+K_0]$ для всех значений μ, задаваемых соотношениями $\begin{cases}\delta_{k_0} \ge (2\theta+r)/(2\gamma),\ \mu\in(0;1)\\ \delta_{k_0} < (2\theta+r)/(2\gamma),\ \mu\in(0;(\theta+\rho\delta_{k_0})/[3\theta+r+(\rho-2\gamma)\delta_{k_0}]).\end{cases}$

При этом оптимальное значение свертки $\overline{\overline{J}}^*(\mu,z)$ в указанной ЗЛП равно $\overline{\overline{J}}^*(\mu,z) = \left(\frac{\theta+\rho\delta_{k_0}+[(2\gamma-\rho)\delta_{k_0}-3\theta-r]\mu}{\theta+r-\gamma\delta_{k_0}}\right)[I_0+K_0]$.

Не нарушая общности, можно полагать, что в теореме 1 номер $k_0=1$ (добившись этого соответствующей перенумерацией). Тогда, обозначая

$$\overline{U_{2k-1}}(z) = U_k(z); \overline{U_{2k}}(z) = U_{n+k}(z)\ (k=1,...,n);$$
$$V_1(z) = U_{2n+1}(z); V_2(z) = U_{2n+2}(z) \quad (14)$$

и переходя формально к пределу при $n\to\infty$, переформулируем указанную теорему в следующем виде.

Теорема 2. Если $\delta_1 = \max_{k=1,...} \delta_k$ таково, что

$$\frac{\theta}{\gamma} \le \delta_1 < \frac{\theta+r}{\gamma}, \quad (15)$$

то в ЗЛП (9) даже при неограниченном количестве видов продукции существует нетривиальное решение

$$\overline{U_1}(z) = r(I_0+K_0)/(\theta+r-\gamma\delta_1);$$
$$\overline{U_2}(z) = \delta_1(I_0+K_0)/(\theta+r-\gamma\delta_1);$$
$$\overline{U_k}(z) = 0\ (k=3,...);$$
$$V_1(z) = I_0, V_2(z) = K_0,$$

которому в пространстве критериев соответствует единственная ненулевая Парето-точка с координатами

$$\overline{\overline{J}}^*_1(z) = \left(\frac{2\gamma\delta_1-2\theta-r}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0];$$
$$\overline{\overline{J}}^*_2(z) = \left(\frac{\theta+\rho\delta_1}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0] \quad (16)$$

для всех значений μ, задаваемых соотношениями $\begin{cases}\delta_1 \ge (2\theta+r)/(2\gamma),\ \mu\in(0;1)\\ \delta_1 < (2\theta+r)/(2\gamma),\ \mu\in(0;(\theta+\rho\delta_1)/[3\theta+r+(\rho-2\gamma)\delta_1]).\end{cases}$

При этом предел оптимального значения свертки $\overline{\overline{J}}^*(\mu,z)$ в указанной задаче равен $\lim_{n\to\infty} \overline{\overline{J}}^*(\mu,z) = \left(\frac{\theta+\rho\delta_1+[(2\gamma-\rho)\delta_1-3\theta-r]\mu}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0]$.

Справедливы следующие теоремы, доказательство которых также приведено в монографии [2].

Теорема 3. В ЗЛП вида

$$f(x) = (c,x) \to \max;$$
$$g_j(x) = \sum_{i=1}^{n} a_{ji}x_i + a_j \le 0\ (j=1,...,k) \quad (17)$$

решение существует тогда и только тогда, когда множество *X*, задаваемое ее ограничениями, не пусто и функция *f*(*x*) ограничена сверху на этом множестве.

Теорема 4. Оптимальное значение свертки $J^*(\mu)$ в проекте, описываемом моделью *A*, есть неубывающая функция от параметров T, n, T^1, $\gamma, \delta; \delta_k, q_k(t)$ $(k\in\{1,...,n\}; t\in\{T^2+1,...,T\})$; I_0, K_0 и невозрастающая от T^2, θ и r $(T, n, T^1, T^2 \in \{1,2,...\})$ при неизменных значениях остальных параметров и $\mu\in[0;1]$.

Отметим, что доказательство теоремы 3, предложенное в работе [2], не использует конечность числа переменных и ограничений задачи (17), задающих множество *X*. Поэтому данная теорема выполняется и в том случае, когда число переменных и/или неравенств бесконечно, т. е. полагаем в частности, что в указанной задаче $n\to\infty$ и/или $k\to\infty$.

Поскольку $\overline{\overline{J}}^*(\mu,z) = \overline{J}^*(\mu,z)$ $(\mu\in(0;1); z>1)$, то при $n\to\infty$ из теоремы 2 и неравенства (8) получим условие, аналогичное следствию 3.5.1 из работы [2] для конечного *n*:

$$\lim_{T\to\infty}\lim_{n\to\infty} J^*(\mu) \le$$

$$\le \left(\frac{\theta+\rho\delta_1+[(2\gamma-\rho)\delta_1-3\theta-r]\mu}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0], \quad (18)$$

из которого следует, что при условиях (15) и неограниченных n, T целевая функция $J(\mu)$ ($\mu\in(0;1)$) МЗЛП (1), (3) ограничена сверху. Поскольку управление (полученное перенумерацией исходных переменных указанной задачи, соответствующей заменам (14)) $u_{2k-1}(t)=0$ ($k=1,...; t=0,...$); $u_{2k-1}(t)=0$ ($k=1,...; t=1,...$); $v_{2n+1}(t)=0$ ($t=0$), $v_{2n+2}(t)=0$ ($t=0$) является допустимым при $T\to\infty$; $n\to\infty$, а задачи (1), (2) и (1), (3) эквивалентны, то по теореме 3 доказали следующую теорему.

Теорема 5. Если $\delta_1=\max\limits_{k=1,...}\delta_k$ удовлетворяет условиям (15), то в ММЗЛП (1), (2) даже при неограниченном количестве видов продукции на бесконечном временном интервале существует нетривиальное решение, причем имеет место неравенство (18).

Для содержательной корректности предельного перехода при $n\to\infty$ в теореме 2 номер $k_0\in\{1,...,n\}$ должен перенумеровываться так, чтобы он не зависел от n.

При условиях (11) из теоремы 4 и теоремы Вейерштрасса о существовании предела ограниченной монотонной последовательности следует справедливость теоремы 5 и для модели A с конечным спросом и на конечном интервале времени. Более того, принимая во внимание, что предложенный в этой работе подход строго обосновывает правомерность предельного перехода согласно 1-го из условий (11) и получаемых с его помощью результатов, а значит, позволяет с формальной и экономической точки зрения интрепретировать модели $B1$ и $ZB1$ как частные асимптотические варианты моделей A и ZA соответственно при указанных условиях, из теоремы 5 получим следствие, являющееся по сути ее переформулировкой.

Следствие. Если $\delta_1=\max\limits_{k=1,...}\delta_k$ удовлетворяет условиям (15), то в задаче A даже при неограниченном количестве видов продукции и неограниченном спросе в каждый момент времени в период производства и по каждому виду на бесконечном временном интервале существует нетривиальное решение, причем имеет место неравенство (18).

Заметим, что теорема 5 (или следствие) носит содержательно парадоксальный характер: хотя основные экономические характеристики ИП, описываемого моделью $B1$ (или A) – число различных видов ОПФ, горизонт планирования (и спрос на продукцию) бесконечны, значение свертки ее критериев, соответствующее Парето-точке критериального пространства, является конечным при условиях (15) и любых значениях остальных параметров проекта. Согласно численных экспериментов, представленных в главе 2 работы [2], справедливо эмпирическое соотношение $J_i^*|_A \le J_i^*(z)|_{ZA}$ ($i=1,2;\ \mu\in(0;1)$), где $J_i^*|_A, J_i^*(z)|_{ZA}$ – значения i-го критерия в Парето-точке задач A и ZA соответственно, из которого в силу (16) следует, что даже при условиях теоремы 5 (следствия) координаты Парето-точек критериального пространства задачи A ограничены сверху:

$$J_1^*|_A \le \left(\frac{2\gamma\delta_1-2\theta-r}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0];$$

$$J_2^*|_A \le \left(\frac{\theta+\rho\delta_1}{\theta+r-\gamma\delta_1}\right)[I_0+K_0]$$

Этот же факт можно обосновать строго от противного, учитывая, что $\mu\in(0;1)$, вид свертки в (3) и условие (18). Содержательно указанный результат объясняется тем, что если максимальная фондоотдача ОПФ каждого вида (характеризующая их экономическую эффективность) заключена в диапазоне (15), то при условиях теоремы 5 (следствия) в проекте оптимизации реальных инвестиций предприятия, описываемом моделью $B1$ (A), даже в оптимуме целевые критерии ограничены сверху.

Отметим, что если не делать замен (14), то теорему 5 сложно интерпретировать полностью содержательно. Аналогично можно показать, что если в модели A отсутствует ограничение (10) для некоторого $k\in\{1,...,n\}$; $t\in\{T^2,...,T-1\}$, то в соответствующей z-задаче отсутствует 1-е из ограничений (12) для указанного номера k, что формально можно получить из упомянутого ограничения при $q_k(t)\to+\infty$, т. е. при $Q_k(z)\to+\infty$.

На основе z-преобразования можно дать более простой метод доказательства леммы. Допустим, что существуют $k\in\{1,...,n\}$; $t\in\{1,...,T-1\}$, при которых равенство (4) в оптимуме не выполняется, т. е. $u_{n+k}^*(t)<\delta_k x_k^*(t)$. Поскольку в ЗЛП оптимум достигается на границе допустимого множества, то последнее неравенство можно исключить, поскольку оно является строгим. Тогда, аналогично предыдущему замечанию, 2-е из условий (12) отсутствует, что противоречит (13), а значит, указанное строгое неравенство невозможно, откуда следует (4).

Библиографический список

1. Медведев, А. В. Параметрический анализ модели реальных инвестиций без ограничений на спрос с помощью дискретного принципа максимума / А. В. Медведев, П. Н. Победаш // Вестн. унив. комплекса. Вып. 4(18). Красноярск : НИИ СУВПТ, 2005. С. 186–196.

2. Медведев, А. В. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития : моногр. / А. В. Медведев ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.

3. Подиновский, В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. М. : Наука, 1982.

P. N. Pobedash

ASIMPTOTICAL ANALYSIS OF THE TWO-CRITERION MODEL OF THE REAL INVESMENT ON THE BASIS OF THE *Z*-TRANSFORMATION

The application of the z-transformation approach for the analysis of the multicriteria linear optimal control problem is suggested. The z-transformation is applied to proof the decision of existing and receiving the sufficient conditions of the

regional investment projects non-efficiency on the example of two-criteria model of the regional economy without restriction of the product amount, demand and planning time-frame.

Keywords: z-transformation, two-criterion model of optimal control, investment planning.

УДК 519.6

А. А. Кузнецов, А. К. Шлепкин, А. Н. Антамошкин

ОБ ОДНОМ КРИТЕРИИ КОНЕЧНОСТИ БЕРНСАЙДОВОЙ ГРУППЫ $B(2,5)$[1]

Показано, что централизатор автоморфизма порядка 2 специального вида бернсайдовой группы $B_0(2,5)$ имеет порядок 5^{17}.

Ключевые слова: проблема Бернсайда.

Пусть $B(2,5)$ – двупорожденная бернсайдова группа периода 5, а $B_0(2,5)$ – максимальная универсальная конечная двупорожденная группа того же периода (порядок последней равен 5^{34} [1]). Вопрос о совпадении указанных групп на сегодняшний день является открытым [2].

В настоящей работе сделан первый шаг в попытке редуцирования проблемы совпадения групп $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$ к проблеме совпадения двух групп, одна из которых имеет порядок существенно меньший, чем 5^{34}. Данная попытка основана на классическом результате В. П. Шункова, который был получен в 1972 г.: периодическая группа, содержащая инволюцию, централизатор которой конечен, локально конечна и почти локально разрешима [3].

Пусть $\{1,2\}$ – образующие группы $B(2,5)$ и φ – автоморфизм порядка 2 данной группы следующего вида

$$\varphi: \begin{cases} 1 \to 2, \\ 2 \to 1. \end{cases}$$

Аналогичным образом (в тех же обозначениях образующих) можно определить автоморфизм φ_0 группы $B_0(2,5)$.

Пусть $C_{B(2,5)}(\varphi)$ и $C_{B_0(2,5)}(\varphi_0)$ – централизаторы автоморфизмов φ и φ_0 в $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$, соответственно.

Основным результатом настоящей работы является следующая теорема.

Теорема. $|C_{B_0(2,5)}(\varphi_0)| = 5^{17}$.

Поскольку по приведенной выше теореме порядок $C_{B_0(2,5)}(\varphi_0)$ значительно меньше порядка $B_0(2,5)$, авторы предлагают сравнивать $C_{B(2,5)}(\varphi)$ и $C_{B_0(2,5)}(\varphi_0)$. Ясно, что если $C_{B(2,5)}(\varphi) \cong C_{B_0(2,5)}(\varphi_0)$, то по упомянутому выше результату В. П. Шункова группа $B(2,5)$ будет конечна.

Доказательство. Как и в работе [1], будем представлять элементы группы $B_0(2,5)$ в виде нормальных коммутаторных слов. В качестве первых двух коммутаторов возьмем образующие группы $B_0(2,5)$, которые обозначим 1 и 2, а последующие с 3 по 34 коммутатор вычисляются рекурсивно через 1 и 2 [1].

В этом случае каждый элемент $g \in B_0(2,5)$ однозначно представляется множеством упорядоченных произведением базисных коммутаторов в определенных степенях

$$g = 1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} \ldots 34^{\alpha_{34}},$$

где $\alpha_i \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ $(i = 1, 2, \ldots, 34)$.

Для доказательства теоремы необходимо найти в группе $B_0(2,5)$ такие элементы, что

$$\varphi_0(g) = \varphi_0(1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} \cdot \ldots 34^{\alpha_{34}}) = 1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} \ldots 34^{\alpha_{34}} = g. \quad (1)$$

При помощи компьютерных вычислений, используя список соотношений для базисных коммутаторов из работы [1], был вычислен результат действия φ_0 на каждый базисный коммутатор.

$\varphi_0(1) = 2,$

$\varphi_0(2) = 1,$

$\varphi_0(3) = 3^4,$

$\varphi_0(4) = 5^4 10^4 13^1 14^4 15^1 17^1 18^1 19^1 20^3 21^4 23^1 24^1 25^4 26^1 27^4 28^4 31^3 32^3 33^3 34^1,$

$\varphi_0(5) = 4^4 9^3 11^1 12^4 13^2 16^1 17^3 18^3 20^1 21^1 22^4 23^4 25^1 27^1 30^3 31^3 32^3 34^1,$

$\varphi_0(6) = 8^4 14^4 17^1 20^4 21^2 22^3 24^3 25^1 26^1 28^3 29^3 30^1 31^4 32^1 33^2 34^4,$

$\varphi_0(7) = 7^4 9^3 10^4 11^1 12^2 13^2 14^4 16^4 17^4 18^1 19^1 21^1 22^1 23^1 24^1 25^3 26^3 28^4 29^2 30^4 32^2 33^3,$

$\varphi_0(8) = 6^4 11^3 15^4 16^2 19^2 20^3 21^3 23^1 27^4 29^2 30^3 32^1 33^3 34^3,$

$\varphi_0(9) = 10^3 12^2 13^3 14^2 15^4 16^1 17^4 18^1 19^3 20^4 21^2 22^1 23^1 24^1 25^3 27^4 28^3 29^4 30^2 31^1 32^3 33^3,$

$\varphi_0(10) = 9^2 11^2 12^3 13^3 16^4 17^4 18^3 20^3 22^4 24^3 25^2 27^1 29^2 30^1 31^1 32^3 33^3 34^3,$

$\varphi_0(11) = 14^3 17^2 18^4 20^4 21^1 22^4 24^2 25^1 27^4 28^4 30^3 31^1 32^3 34^4,$

$\varphi_0(12) = 13^3 15^2 16^3 18^2 19^4 20^4 21^1 23^3 24^4 25^2 27^1 29^1 30^4 31^3 32^2 33^2 34^3,$

$\varphi_0(13) = 12^2 15^3 16^4 17^4 18^1 19^3 20^3 21^3 22^4 24^4 25^1 26^1 27^3 29^1 30^1 32^1 33^4 34^1,$

$\varphi_0(14) = 11^2 15^3 16^3 20^4 21^3 24^3 27^4 30^1 32^3 33^1 34^1,$

$\varphi_0(15) = 17^3 20^1 22^2 24^1 26^4 27^4 29^1 30^2 31^1 32^3 33^1 34^1,$

$\varphi_0(16) = 17^4 18^4 20^2 21^1 22^2 24^4 27^2 28^4 29^2 31^1 32^3 33^4 34^2,$

$\varphi_0(17) = 15^2 19^3 20^4 21^1 23^3 24^3 25^3 27^4 29^4 30^3 32^1 33^2 34^3,$

$\varphi_0(18) = 15^3 16^4 19^3 21^4 24^3 25^2 27^1 30^3 31^4 32^1 33^2 34^3,$

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта президента России (код проекта МК-2494.2008.1.), АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта 2.1.1/3023), а также РФФИ (код проекта 09-01-07177-а).

$\varphi_0(19) = 22^2 27^3 28^3 30^3 31^2 32^2 33^2 34^1$,

$\varphi_0(20) = 20^3 21^4 24^1 26^2 29^1 30^1 31^4 32^2 34^2$,

$\varphi_0(21) = 20^3 21^2 24^4 25^4 26^3 27^4 29^4 30^4 31^1 34^1$,

$\varphi_0(22) = 19^3 23^3 25^4 29^3 30^1 32^3 33^4$,

$\varphi_0(23) = 28^2 33^1 34^2$,

$\varphi_0(24) = 26^2 27^4 30^2 31^1 32^4 33^3 34^3$,

$\varphi_0(25) = 27^4 32^4 33^1 34^3$,

$\varphi_0(26) = 24^3 25^2 29^4 30^4 32^4 33^2 34^3$,

$\varphi_0(27) = 25^4 32^3 33^3 34^3$,

$\varphi_0(28) = 23^3 32^1 34^4$,

$\varphi_0(29) = 31^3 33^1 34^3$,

$\varphi_0(30) = 30^1 32^1 33^3$,

$\varphi_0(31) = 29^2 32^4 34^4$,

$\varphi_0(32) = 33^2$,

$\varphi_0(33) = 32^3$,

$\varphi_0(34) = 34^1$.

Так как φ_0 – автоморфизм, то

$$\varphi_0(1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} ... 34^{\alpha_{34}}) = \\ = \varphi_0(1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} ... 10^{\alpha_{10}}) \varphi_0(11^{\alpha_{11}} 12^{\alpha_{12}} ... 34^{\alpha_{34}}). \quad (2)$$

В работе [1] показано, что коммутаторы с 11 по 34 перестановочны и порождают характеристическую нормальную абелеву подгруппу, поэтому

$$\varphi_0(11^{\alpha_{11}} 12^{\alpha_{12}} ... 34^{\alpha_{34}}) = 11^{\gamma_{11}} 12^{\gamma_{12}} ... 34^{\gamma_{34}}. \quad (3)$$

Принимая во внимание (2) и (3), найдем такие элементы $v_i = 1^{\alpha_1} ... 10^{\alpha_{10}}$, что $\varphi_0(v_i) = \varphi_0(1^{\alpha_1} ... 10^{\alpha_{10}}) = 1^{\alpha_1} ... 10^{\alpha_{10}} b_i$, где $b_i = 11^{\beta_{11}} ... 34^{\beta_{34}}$.

В результате полного перебора, используя компьютерные вычисления, было получено, что всего таких элементов 625.

Ввиду того, что коммутаторы с 11 по 34 перестановочны, нахождение степеней $\alpha_{11}, ..., \alpha_{34}$, удовлетворяющих условию (1), сводится к решению систем линейных уравнений над полем GF(5) следующего вида:

$$A\vec{\alpha} + \vec{b}_i = \vec{\alpha}, \quad (i = 1, 2, ..., 625), \quad (4)$$

где $\vec{\alpha} = (\alpha_{11}, ..., \alpha_{34})^T$ – вектор неизвестных значений степеней коммутаторов с 11 по 34; $b_i = (\beta_{11}, ..., \beta_{34})^T$ – вектор значений степеней коммутаторов с 11 по 34 для элемента вида v_i; A – матрица, каждый элемент a_{ij} которой вычисляется как $a_{ij} = \beta_{(i+10)}$, т. е. является степенью коммутатора $(i + 10)$ под действием автоморфизма φ_0 на коммутатор $(j + 10)$: $\varphi_0(j+10) = ...(i+10)^{\beta_{(i+10)}} ...$ $(i, j = 1, ..., 24)$. Другими словами, если $w = 11^{\alpha_{11}} ... 34^{\alpha_{34}}$ и $\varphi_0(w) = 11^{\gamma_{11}} ... 34^{\gamma_{34}}$, то в векторном виде это можно записать как $A\vec{\alpha} = \vec{\gamma}$, где $\vec{\alpha} = (\alpha_{11}, ..., \alpha_{34})^T$ и $\vec{\gamma} = (\gamma_{11}, ..., \gamma_{34})^T$.

Перепишем систему (4) в виде

$$(A - E)\vec{\alpha} = -\vec{b}_i,$$

где E – единичная матрица.

Для каждого $\vec{b}_i$ необходимо исследовать систему на совместность. Для этого сначала было найдено, что ранг матрицы $[A - E]$ равен 11. Затем, при помощи компьютерных вычислений было получено, что ранги расширенных матриц $[(A - E) | (-\vec{b}_i)]$ для всех i также равны 11. Таким образом, все системы уравнений совместны. Так как число параметров будет $24 - 11 = 13$, то каждая система имеет 5^{13} решений. Общее же число решений равно $625 \cdot 5^{13} = 5^{17}$. Каждому полученному решению будет однозначным образом соответствовать элемент группы $B_0(2,5)$, удовлетворяющий условию (1). Теорема доказана.

Библиографический список

1. Hawas, G. The two generated Burnside group of exponent five / G. Hawas, G. Wall, J. Wamsley // Bull. Austral. Math. Soc. 1974. № 10. P. 459–470.

2. Кострикин, А. И. Вокруг Бернсайда / А. И. Кострикин. М. : Наука, 1986.

3. Шунков, В. П. О периодических группах с почти регулярной инволюцией / В. П. Шунков // Алгебра и Логика. 1972. № 4. С. 470–494.

A. A. Kuznetsov, A. K. Shlepkin, A. N. Antamoshkin

ON FINITENESS CRITERION OF BURNSIDE GROUP *B*(2,5)

It is shown that the centralizer of an automorphism of the second order of a special kind of Burnside group $B_0(2,5)$ has an order 5^{17}.

Keywords: Burnside problem.

УДК 681.513

А. В. Лапко, В. А. Лапко, А. В. Саренков

ГИБРИДНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ И ЕГО СВОЙСТВА

Рассматривается методика синтеза и анализа гибридных алгоритмов распознавания образов, обеспечивающие эффективное использование априорных сведений о виде решающих функций и информации обучающих выборок. Исследуются их свойства аналитически и методом статистического моделирования.

Ключевые слова: распознавание образов, непараметрическая статистика, гибридные алгоритмы, асимптотические свойства.

При решении задач распознавания образов различают два типа исходной информации: априорные сведения о виде уравнения разделяющей поверхности и обучающая выборка, составленная из значений признаков классифицируемых объектов и соответствующих им «указаний учителя». Известные подходы к синтезу решающего правила классификации ориентированы в основном на определенный тип исходных данных, что при условиях, отличающихся от априорных предположений, приводит к снижению их эффективности. Так, в параметрических алгоритмах за основу принимаются сведения о виде уравнения разделяющей поверхности (ее аналитический вид), то для непараметрических процедур достаточно знание лишь ее качественных характеристик и информации обучающей выборки.

Для решения проблемы эффективного использования априорной информации предлагаются гибридные системы распознавания образов, которые обеспечивают сочетание в обобщенном решающем правиле классификации преимуществ параметрических и локальных методов аппроксимаций, основанных на оценках плотности вероятности типа Розенблатта–Парзена [1].

Синтез гибридного алгоритма распознавания образов. Пусть исходную информацию при решении двухальтернативной задачи распознавания образов составляют обучающая выборка $V = \left(x^i, \sigma(x^i), i = \overline{1,n}\right)$ и априорные сведения $F_{12}(x,\alpha)$ о виде уравнения разделяющей поверхности $f_{12}(x)$ между классами Ω_1, Ω_2 в пространстве $x \in R^k$. Знание $F_{12}(x,\alpha)$ предполагает наличие решающего правила классификации

$$m_{12}^F : \begin{cases} x \in \Omega_1, & \text{если } \mathrm{F}_{12}(x,\alpha) \le 0, \\ x \in \Omega_2, & \text{если } \mathrm{F}_{12}(x,\alpha) > 0, \end{cases} \qquad (1)$$

по тем или иным причинам не удовлетворяющего исследователя. Информация обучающей выборки V формируется на основании данных о значениях признаков x классифицируемых объектов и соответствующих им «указаний учителя»

$$\sigma(x) = \begin{cases} -1, \text{ если } x \in \Omega_1, \\ 1, \text{ если } x \in \Omega_2. \end{cases} \qquad (2)$$

Для использования в полном объеме априорной информации $\left(F_{12}(x,\alpha), V\right)$ воспользуемся принципами гибридного моделирования, которые обеспечивают сочетание в обобщенном решающем правиле классификации преимущества параметрических и локальных методов аппроксимации.

Для этого определим параметры α уравнения разделяющей поверхности $F_{12}(x,\alpha)$ решающего правила (1) из условия минимума эмпирической ошибки распознавания образов

$$\bar{\rho}(\alpha) = n^{-1} \sum_{j=1}^{n} 1\left(\sigma(x^j), \bar{\sigma}(x^j)\right), \qquad (3)$$

где индикаторная функция

$$1\left(\sigma(x^j), \bar{\sigma}(x^j)\right) = \begin{cases} 1, & \text{если } \sigma(x^j) \ne \bar{\sigma}(x^j), \\ 0, & \text{если } \sigma(x^j) = \bar{\sigma}(x^j); \end{cases}$$

$\bar{\sigma}(x^j)$ – «решение» правила (1) о принадлежности ситуации x^j к тому или иному классу.

По результатам вычислительного эксперимента сформируем выборку расхождений $V_1 = \left(x^i, q(x^i), i = \overline{1,n}\right)$ между «решениями» $\bar{\sigma}(x^i)$ правила (1) и «указаниями учителя» $\sigma(x^i)$ из обучающей выборки V. При этом значения функции расхождений

$$q(x^i) = \begin{cases} 0 \ \forall \ \sigma(x^i) = \bar{\sigma}(x^i), \\ \left(\mathrm{F}_{12}(x^i, \bar{\alpha}) + \Delta\right) \ \forall \ \bar{\sigma}(x^i) = -1 \ u \ \sigma(x^i) = 1, \\ -(\mathrm{F}_{12}(x^i, \bar{\alpha}) + \Delta) \ \forall \ \bar{\sigma}(x^i) = 1 \ u \ \sigma(x^i) = -1. \end{cases}$$

При наличии ошибки, функция расхождения принимает значение обратное по знаку уравнения разделяющей поверхности $F_{12}(x,\alpha)$ и превышает его на величину Δ. Например, если ситуация x^i принадлежит второму классу ($\sigma(x^i) = 1$), а в соответствии с решающим правилом (1) классифицируемый объект с признаками $x^i \in \Omega_1$, т. е. $F_{12}(x^i, \bar{\alpha}) < 0$, то значение функции расхождения в ситуации x^i соответствует $q(x^i) = F_{12}(x^i, \bar{\alpha}) + \Delta$.

Восстановление функции $q(x)$ по выборке V_1 осуществляется на основе непараметрической регрессии [2]:

$$\bar{q}(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} q(x^i)\beta_i(x)}{\sum_{i=1}^{n} \beta_i(x)},$$

$$\beta_i(x) = \prod_{\nu=1}^{k} \Phi\left(\frac{x_\nu - x_\nu^{\,i}}{c_\nu}\right), \qquad (4)$$

где $\Phi(\cdot)$ – ядерная функция, удовлетворяющая условиям положительности, симметричности и нормированности [1].

Тогда гибридный алгоритм классификации запишется в виде

$$\bar{m}_{12}(x) : \begin{cases} x \in \Omega_1, & \text{если } \bar{f}_{12}(x) \le 0, \\ x \in \Omega_2, & \text{если } \bar{f}_{12}(x) > 0, \end{cases} \qquad (5)$$

где

$$\bar{f}_{12}(x) = F_{12}(x, \bar{\alpha}) + \bar{q}(x). \qquad (6)$$

Оптимизация алгоритма (5) по параметрам размытости c_v, $v=\overline{1,k}$ ядерных функций $\Phi(\cdot)$ и Δ осуществляется из условия минимума статистической оценки ошибки распознавания образов типа (3).

Меняя вид функции $q(x)$, обеспечивающей коррекцию $F_{12}(x,\bar{\alpha})$, можно получить семейство гибридных решающих правил [3].

Асимптотические свойства гибридных решающих функций. Рассмотрим асимптотические свойства гибридных уравнений разделяющих поверхностей $\bar{f}_{12}(x)\ \ \forall\ x\in R^1$ при известной совместной плотности вероятности $p(x)$ распределения x в классах Ω_1, Ω_2.

Предположим, что $f_{12}(x)$, $F(x,\alpha)$, $p(x)$ ограничены и непрерывны со всем своими производными до второго порядка включительно. Эти условия, налагаемые на $f_{12}(x)$, $F(x,\alpha)$, $p(x)$, обозначим через G_2.

Теорема. Пусть: 1) уравнение разделяющей поверхности $f_{12}(x)$, ее аппроксимация $F(x,\alpha)$ и совместная плотность вероятности $p(x)$ распределения x в классах удовлетворяют условиям G_2; 2) ядерные функции $\Phi(u)\ge 0$ в непараметрической статистике (4) являются симметричными и нормированными, причем значение $\int u^m\Phi(u)\,du$ при $m>2$ ограниченно и равно 1 при $m=2$; 3) последовательности $c=c(n)\to 0$, $\Delta=\Delta(n)\to 0$ при $n\to\infty$, а $nc\to\infty$.

Тогда гибридная модель $\bar{f}_{12}(x)$ (6) обладает свойствами асимптотической несмещенности

$$M\left(f_{12}(x)-\bar{f}_{12}(x)\right)\sim\frac{\left(q(x)p(x)\right)^{(2)}}{2p(x)}c^2+\Delta$$

и сходимости в среднеквадратическом

$$M\left(f_{12}(x)-\bar{f}_{12}(x)\right)^2\sim\left(ncp(x)\right)^{-1}q^2(x)\left\|\Phi(u)\right\|^2+$$
$$+c^4\left(\left(q(x)p(x)\right)^{(2)}\right)^2\left(4p^2(u)\right)^{-1}+$$
$$+\frac{\left(q(x)p(x)\right)^{(2)}}{p(x)}c^2\Delta+\Delta^2.$$

Здесь $\left(q(x)p(x)\right)^{(2)}$ – вторая производная по x произведения функций в скобках; M – знак математического ожидания; $\left\|\Phi(u)\right\|^2=\int\Phi^2(u)\,du$.

Справедливость приведенных утверждений определяет состоятельность статистики $\bar{f}_{12}(x)$.

Доказательство основано на методике, предложенной в работе [4] при исследовании гибридных моделей стохастических зависимостей.

Анализ результатов вычислительных экспериментов. Исследовалась двуальтернативная задача распознавания образов k-мерном пространстве признаков ($k=\overline{2,10}$). Законы распределения признаков в области первого класса формировались в соответствии с датчиком случайных чисел

$$x_v=m+\sigma\left(\sum_{i=1}^{p}\varepsilon^i-0{,}5p\right)\frac{6}{\sqrt{3p}},\ v=\overline{1,k},$$

при $p=12$; $m=3$; $\varepsilon\in[0;1]$ – случайная величина с равномерным законом распределения; $\sigma=1$.

Значения признаков второго класса генерировались с использованием датчиков случайных чисел

$$x_v=a+\varepsilon\,(b-a),$$

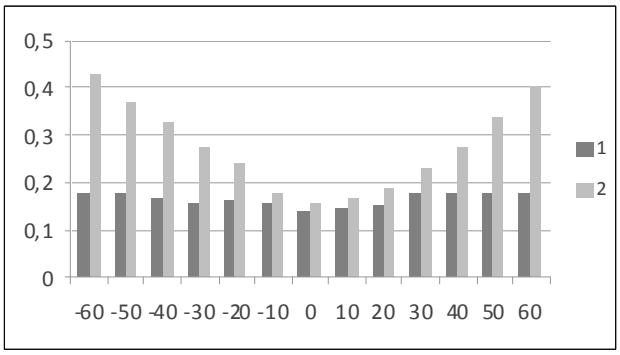
$$x_{v+1}=\left(x_v\right)^2-6x_v+10+\sigma\left(\sum_{i=1}^{p}\varepsilon^i-0{,}5p\right)\frac{6}{\sqrt{3p}},$$

где $v\in I_{\text{н}}$ – множество нечетных чисел меньших k, $a=1{,}5$, $b=4{,}5$.

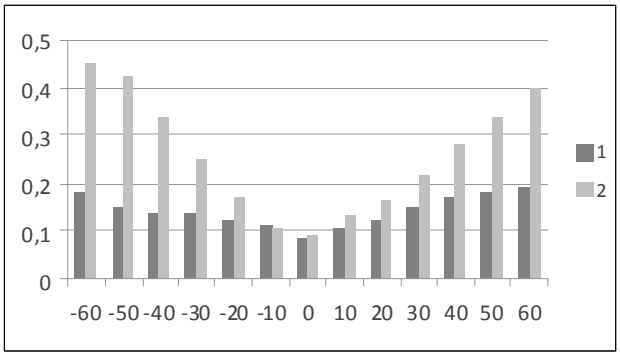
Исходные сведения о виде решающей функции представлялись полиномом

$$F(x,\alpha)=\sum_{v\in I_{\text{н}}}\left[x_{v+1}-\left(\left(x_v\right)^2-6x_v+10{,}8\right)\right].$$

Результаты вычислительных экспериментов представлены на рисунке. По горизонтальной оси отложено относительные (%) отклонения параметров решающей функции $F(x,\alpha)$ от оптимальных, по вертикальной оси – оценки вероятностей ошибок распознавания образов.



а



б

Зависимость оценок вероятностей ошибок распознавания образов гибридного (столбец 1) и параметрического (столбец 2) алгоритмов отклонений параметров исходной решающей функции от оптимальных. Размерность пространства признаков: $k=2$ (*а*); $k=4$ (*б*)

Из анализа данных на рисунке следует, что гибридный классификатор обладает значительной устойчивостью к отклонениям параметров исходной решающей функции от оптимальных. Например, для $k=2$ при отклонении параметров решающей функции от оптимальных на $\pm$ 60% оценка вероятности ошибки распознавания образов параметрического алгоритма больше гибридного на 63 %.

Таким образом, гибридные алгоритмы распознавания образов позволяют использовать информацию обучающих выборок и частичные априорные сведения о виде решающих функций на основе сочетания преимуществ параметрических и локальных аппроксимаций,

основанных на ядерных оценках плотности вероятности типа Розенблатта–Парзена. Структура гибридных уравнений разделяющих поверхностей между классами в подобных системах формируется на основе параметрической ее аппроксимации, восстанавливаемой с учетом априорных сведений, и корректирующей ее функции непараметрического типа. Вид корректирующей функции и особенности исходной информации порождают семейство изучаемого класса систем.

Гибридные решающие функции обладают свойствами асимптотической несмещенности и состоятельности, устойчивы к отклонениям параметров исходного уравнения разделяющей поверхности от оптимальных их значений.

Библиографический список

1. Parzen, E. On estimation of a probability densiny function an mode / E. Parzen // Annals of Mathematical Statistics. 1962. Vol. 33. P. 1065–1076.

2. Надарая, Э. А. Непараметрические оценки кривой регрессии / З. А. Надарая // Тр. ВЦ АН ГССР. Вып. 5. 1965. С. 56–68.

3. Lapko, A. V. Hybrid Systems of Pattern Recognition / A. V Lapko, V. A. Lapko // Pattern recognition and image analysis. 2008. Vol. 18. № 1. P. 7–13.

4. Лапко, А. В. Имитационные модели неопределенных систем / А. В. Лапко. Новосибирск : Наука. 1993.

A. V. Lapko, V. A. Lapko, A. V. Sarenkov

HYBRID ALGORITHM OF PATTERN RECOGNITION AND ITS PROPERTIES

The technique of synthesis and analysis of hybrid algorithms pattern recognition, providing an effective utilization of aprioristic data on a kind of decision functions and information of training samples is considered. Their properties are investigated analytically by a method of statistical modeling.

Keywords: pattern recognition, nonparametric statistics, hybrid algorithms, asymptotic properties.

УДК 630*561.24:582.477.6

В. В. Шишов

МЕТОД ЭМПИРИЧЕСКИХ КАТЕГОРИАЛЬНЫХ КОРРЕЛОГРАММ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ[1]

Предложен новый спектральный метод к анализу категориальных данных – метод эмпирических категориальных коррелограмм. На базе вычислительного эксперимента проводятся исследования на его статистическую устойчивость к различного рода шумовым воздействиям. Приводится пример анализа дендрохронологических данных на его основе.

Ключевые слова: спектральный анализ, категориальные данные.

В самом общем случае любая случайная функция натурального аргумента t (или временной ряд) может быть представлена в следующем виде [1]:

$$X(t) = A(t)\sin(\omega(t)t + \psi(t)).$$

В связи с этим, самая большая сложность, встречаемая в спектральном анализе, заключена в оценке параметров $A(t)$ – амплитуды колебаний, $\omega(t)$ – их частоты и $\psi(t)$ – фазового сдвига колебаний, которые являются также функциями времени. Проиллюстрируем эту проблему на примере оценки частоты колебаний.

Проанализируем взаимосвязи спектров циклических компонент, которые обладают примерно одинаковыми частотами. Отметим, что при определенных условиях циклические компоненты с близкими частотами будут линейно-независимыми, в частности, линейные корреляции между ними будут равны 0 [2]. Это вытекает из свойства, которое широко используется при преобразованиях Фурье, Хартли и различных модификаций этих методов [2]. А именно набор гармоник $\{\sin(2\pi \cdot t \cdot 1/j),\ \text{где}\ j = 2\pi/k,\ k - \text{целое}\}$ образует базис в бесконечно-мерном функциональном пространстве. На практике, в силу жестких ограничений (например, стационарность исходных временных рядов), накладываемых на использование чистого преобразования Фурье [2], широкое распространение получили методы (SSA, MTM или CWT), для которых такие ограничения не столь критичны.

Существует ряд классических примеров, которые показывают сложность определения при спектральном анализе истинных частот для временных рядов, встречаемых в различных областях естественных наук. Эти ряды, как правило, отличаются наличием нестационарных амплитуды, фазовых сдвигов и «колорированного» шума, кото-

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-00900-а, проект № 09-04-00803-а).

рый может полностью изменить спектр изучаемого природного процесса.

Автором предлагается новый алгоритм спектрального анализа – метод эмпирических категориальных корреллограмм (МЭКК), который позволяет с высокой степенью вероятности определять истинные частоты и фазовые сдвиги как для количественных данных, так и качественных (категориальных) временных рядов. Примером последних могут служить косвенные данные о климатических изменениях, привязанные к временной шкале. Отметим, что такие наблюдения за климатическими событиями отличаются нерегулярностью при их фиксации во времени, а именно большим количеством пропусков самих событий во времени [3; 4]. Последнее объясняется несовершенством методики фиксации, сбора и обработки подобных сведений в доинструментальной исторической эпохе обработки климатической информации [4].

Описание алгоритма МЭКК. Преобразуем анализируемый временной ряд (ВР) по следующему правилу. Во-первых, проведем группировку с равными интервалами всех значений этого ВР [5]. При этом, количество групп M определим при помощи известной формулы Стерджесса, т. е. M = Целое $(1 + \mathrm{Ln}(N))$, а длину группировочного интервала h – как $h = (S_{\max} - S_{\min})/M$, где $S_{\max}$ – максимальное значение временного ряда $S(t)$ и $S_{\min}$ – минимальное значение временного ряда $S(t)$, соответственно. Группировочный интервал для i-группы $(i = 1...M)$ определим по следующему соотношению:

$$\Delta_i = \begin{cases} [S_{\min} + (i-1)h \; ; \; S_{\min} + ih), & \text{если } i < M, \\ [S_{\min} + (i-1)h \; ; \; S_{\max}], & \text{если } i = M. \end{cases}$$

Далее значению категориального временного ряда $\hat{S}(t)$ в момент времени t припишем номер той группы, в группировочный интервал которой попало значение исходного временного ряда $S(t)$.

Процедура группировки значений ВР позволяет стабилизировать амплитуду ВР и снизить влияние фонового шума на абсолютные значения исходного ВР.

Охарактеризуем каждую из M-групп средним группировочным значением $\bar{s}^k$ (оценкой математического ожидания для каждой k-группы, $k = 1 \ldots M$), группировочным среднеквадратическим отклонением σ^k (оценкой дисперсии для каждой k-группы) и количеством попавших в эту группу значений анализируемого ВР. Эти характеристики будут использованы при восстановлении ВР после спектрального разложения. Конечно, количество признаков для каждой образованной группы можно увеличить, например, центральными моментами более высоких порядков.

На следующем этапе будем сравнивать полученный категориальный ряд с синус-функциями $\{\sin(2\pi \cdot t \cdot 1/j + \varphi), \; \varphi \in [0, \; 2\pi] \; (j = 2...N)\}$. Предварительно, каждую j-синус-функцию $B_j(t, \varphi) = \sin(2\pi \cdot t \cdot 1/j + \varphi), \; \varphi \in [0, \; 2\pi] \; (j = 2...N)$, которая также представляет собой ВР, преобразуем в категориальный ВР $\hat{B}_j(t)$ по правилу, описанному выше.

Оценим степень сходства между двумя категориальными рядами $\hat{S}(t)$ и $\hat{B}_j(t)$ при помощи коэффициента корреляции Спирмена, который позволяет сравнивать категориальные данные. Повторим процедуру сравнения $\hat{S}(t)$ и $\hat{B}_j(t)$ при фиксированной частоте $1/j$ для $B_j(t, \varphi)$, последовательно изменяя фазу φ от 0 до 2π с достаточно малым шагом δ.

Таким образом, можно найти оптимальную фазу для каждой $\hat{B}_j(t)$ при фиксированной частоте $1/j$ путем нахождения максимального коэффициента корреляции Спирмена по φ.

В результате, можно получить коррелограмму, где по оси абсцисс откладываются значения частоты (или соответствующим им периодам), а по оси ординат – максимальные значения коэффициента корреляции Спирмена (рис. 1). Критерием определения базовых частот может служить порог значимости коэффициента Спирмена для соответствующего объема выборки N (в нашем случае – длины ВР) и выбранного уровня надежности p.

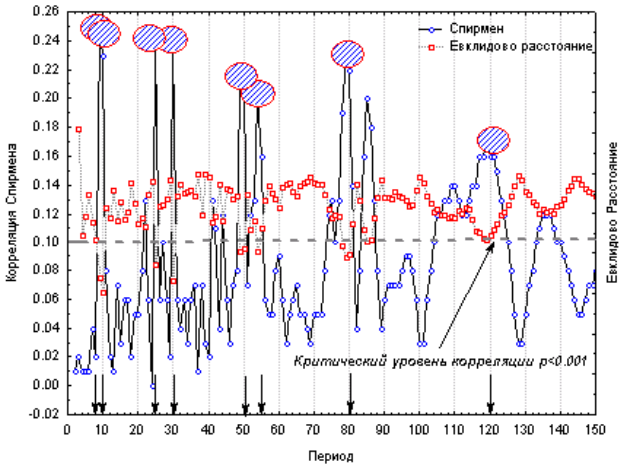


Рис. 1. Пример коррелограммы, полученной при сравнении категориального ряда $\hat{S}(t)$ с категориальными синус-функциями $\hat{B}_j(t)$ $(j = 2...N)$

После определения базовых частот, естественно, появляется необходимость в восстановлении чистого сигнала, т. е. исходного $S(t)$ без аддитивной шумовой составляющей.

Для этого на основе коррелограммы определяются k $(k < N/3)$, базовые частоты $\omega^{\text{баз}} = 1/j$ и соответствующие им фазы $\varphi^{\text{баз}}$, при которых коэффициент Спирмена достигает локальных максимумов. Далее, восстанавливается чистый сигнал $S(t)$ на основе линейной комбинации базовых синус-функций $B_j^{\text{баз}}(t, \varphi)$, а именно

$$S^{\text{рек}}(t) = \sum_j A_j B_j^{\text{баз}}(t, \varphi),$$

где все амплитуды A_j равны 1.

Отметим, когда все амплитуды A_j близки к 1, чистый сигнал $S^{\text{чист}}(t)$ (без шума) и реконструированный сигнал $S^{\text{рек}}(t)$ получаются сильно положительно коррелированными (R = 0,89, p < 0,000 01) (рис. 2). При этом, $S^{\text{рек}}(t)$ объясняет 80 % изменчивости $S^{\text{чист}}(t)$. Сравним полученные результаты с корреляцией между исходным ВР $S(t)$ и чистым сигналом $S^{\text{чист}}(t)$. В данном случае $S(t)$ объясняет всего 30 % изменчивости $S^{\text{чист}}(t)$.

В случае если амплитуды A_j неизвестны, можно воспользоваться следующей процедурой: реконструированный $S^{\text{рек}}(t)$, при условии $A_j = 1$ $(j = 1...k)$, перевести в категориальный ряд $\hat{S}^{\text{рек}}(t)$ по алгоритму, описанному выше, считая, что существует взаимно-однозначное со-

ответствие между группами, полученными для $S(t)$ и $S^{\text{рек}}(t)$.

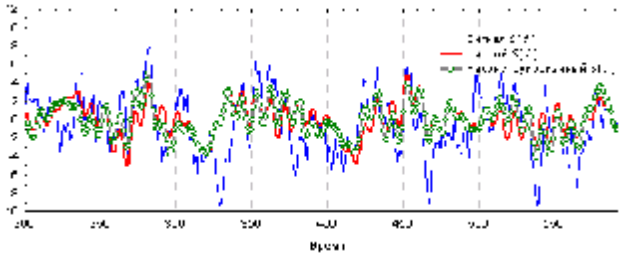


Рис. 2. Фрагмент динамики исходного сигнала $S(t)$, чистого сигнала $S^{\text{чист}}(t)$ (без шума) и реконструированного сигнала $S^{\text{рек}}(t)$ на основе метода эмпирических категориальных коррелограмм

Далее следует считать, что группировочные средние $\overline{s}^i$ для каждой i-группы $S(t)$ $(i=1\ldots M)$ и соответствующие группировочные среднеквадратические отклонения σ^i являются группировочными характеристиками для каждой из M-групп, полученных для $S^{\text{рек}}(t)$.

После этого необходимо окончательно заменить номера групп $\hat{S}^{\text{рек}}(t)$ на соответствующие группировочные средние, для которых можно указать доверительные интервалы.

Рассмотренная выше процедура спектрального анализа называется методом эмпирических категориальных коррелограмм (МЭКК).

Автром на базе вычислительного эксперимента и метода Монте-Карло проводятся исследования на статистическую устойчивость к различного рода шумовым воздействиям.

Отмечается также, что традиционные методы спектрального анализа (MTM-метод, метод максимальной энтропии, Вейвлет-анализ, сингулярный спектральный анализ) на подобных сильно зашумленных случайных функциях теряют до 50 % информации об истинном сигнале.

Данный метод апробирован при спектральном анализе и получении реконструкции 4-х сверхдлительных древесно-кольцевых хронологий для циркумполярной области Евразии. В реконструированных хронологиях наблюдается динамика, обратная к температурной после 1960 г.

Техническая реализация МЭКК и его исследование на статистическую устойчивость. Для проведения расчетов на основе метода эмпирических категориальных коррелограмм (МЭКК) и анализа его статистической устойчивости была разработана прикладная программа Spectral_Testing в среде программирования Delphi 5 компании Borland. Эта программа при запуске имеет стандартный вид Windows окна (рис. 3). Для использования программы необходима операционная система MS Windows XP.

При запуске программы по умолчанию будет выполняться спектральный анализ реальных временных рядов. По умолчанию указатель стоит на радиокнопке Real Data Analysis. При этом необходимо указать имя входного файла, находящегося на любом логическом диске, нажав на кнопку «Browse».

Опция «% Missing value» позволяет из исходного временного ряда выбрасывать случайным образом определенный процент значений. Эта опция позволяет исследовать полученное спектральное представление ВР на устойчивость, а именно, какой процент выброшенных значений критическим образом сказывается на спектре, изменяя его. В качестве тестового примера может выступать любой смоделированный временной ряд, для которого известны его истинные амплитуды, частоты и фазы.

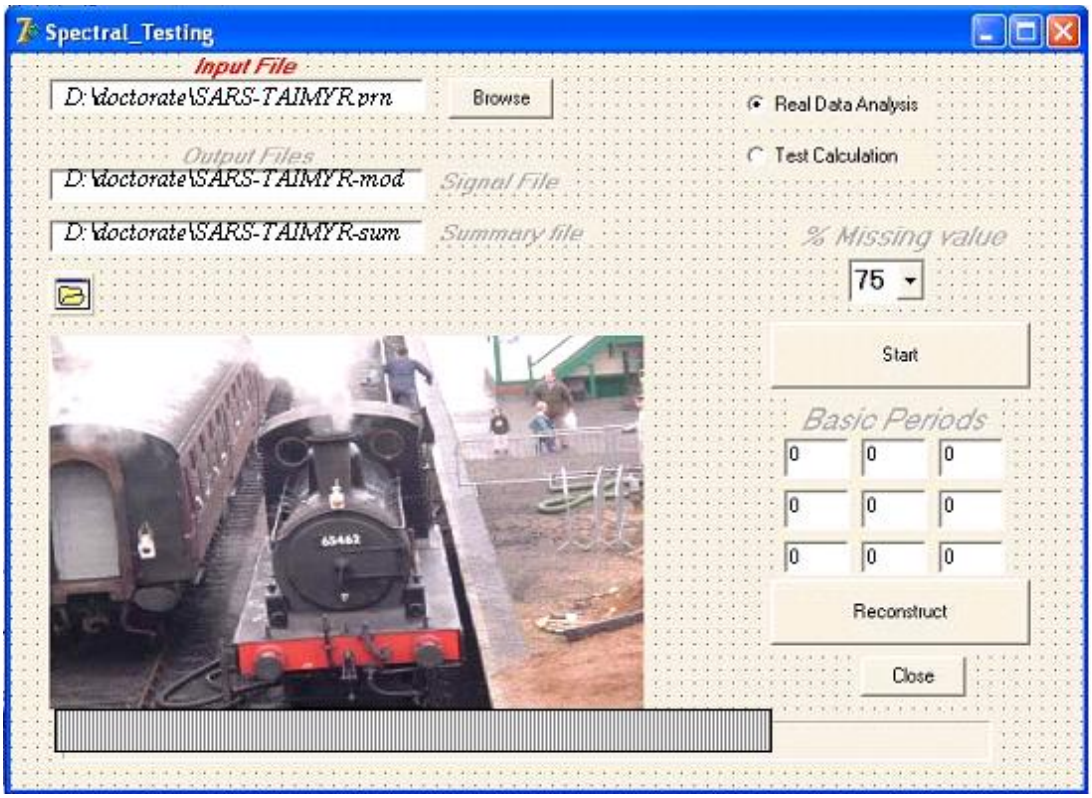


Рис. 3. Интерфейс программы Spectal_Testing, реализующей метод эмпирических категориальных коррелограмм

Для восстановления исходного ряда необходимо указать «базовые» периоды в строке «Basic periods».

При восстановлении исходного сигнала алгоритм программы обратится к выходному файлу *summary.dat (см. пример ниже), в котором записаны результаты 1-го этапа анализа – этапа построения категориальных коррелограмм.

Выходные данные представляются в виде двух файлов. Данные файла *summary.dat представлены в 4-х столбцах в ASCII (DOS-формат): в 1-м столбце – период, 2-й столбец – соответствующая частота, 3-й столбец – максимальный коэффициент корреляции Спирмена, рассчитанный между двумя наборами категориальных данных, 4-й столбец – оптимальная фаза, при которой достигается максимальное значение коэффициента корреляции Спирмена. Также в первой строке указывается количество значений ВР, участвующих в анализе. Анализ данных этого файла позволяет принять решение о количестве базовых частот и их значениях, которые будут использованы на втором этапе анализа данных – этапе восстановления сигнала.

Файл *modificate.dat содержит информацию об исходном временном ряде и его реконструкции.

Рассмотрим результаты, касающиеся статистической устойчивости описанного алгоритма. В качестве исходного гармонического сигнала был использован смоделированный сигнал, на который воздействовал «красный» шум с AR(1) = 0,8 [6]. Количество реализаций такого шума было 1 000 ВР. Здесь и далее все вычислительные эксперименты имели не менее 1 000 повторностей.

Прежде всего, была исследована способность данного алгоритма выявлять базовые частоты при определенном проценте потери информации о значениях исходного временного ряда при фиксированных амплитудах, близких к 1.

Для этого последовательно выбрасывался случайным образом определенный процент значений категориального ВР. Этот процент изменялся последовательно в пределах от 5 до 80 % с шагом в 5 %. Такого рода потери информации во времени характерны при построении некоторых рядов в климатологии, дендроклиматологии, лимнологии, истории и т. д. [3; 4; 7; 8; 13].

Алгоритм стабильно выявляет все пики базовых частот в коррелограммах при выбрасывании до 75 % значений различных реализаций категориального ВР. При 80%-ных потерях информации, алгоритм МЭКК начинает терять от 2 до 4 пиков истинных базовых частот в зависимости от реализаций категориального ВР. Напомним, что таких реализаций было не менее 1 000. При анализе единичных реализаций коррелограмм только в 7 % случаев, алгоритм МЭКК ошибался при определении базовых частот, теряя 1...3 пика в высокочастотной области.

Таким образом, получено, что вероятность потерять базовую гармонику в высокочастотной области значительно выше, чем в низкочастотной, при спектральном анализе на основе МЭКК. Этот результат хорошо согласуется с теорией, разработанной для стохастических стационарных процессов [2].

Отметим также, что в теории стохастических процессов известны примеры аппроксимации эмпирических значений автокорреляционной функции простой комбинации элементарных функций. Получаемые таким образом спектральные плотности обладают рядом привлекательных свойств, а именно они являются гладкими функциями частоты, не содержащих «противоестественных пиков и провалов» [2; 9].

Но в методе МЭКК речь идет не об аппроксимации некоторой функции другими более элементарными, а о корреляционных сопоставлениях категориальных прообразов самого изучаемого процесса с прообразами простейших тригонометрических функций в те моменты времени, где определен изучаемый случайный процесс.

На практике на основе предложенного метода (МЭКК) невозможно оценить амплитудный вклад каждой из выявленной гармоники в общий сигнал. Но для восстановленного сигнала, содержащего минимальный уровень шума это можно сделать при помощи традиционных спектральных методов, таких как Вейвлет-анализа или MTM-метода.

Применение МЭКК. Было рассмотрено 4 древесно-кольцевых хронологии, полученных для Скандинавии (SCANDN), п-ова Ямал (Urals), п-ова Таймыр (Taimyr) и Северной части Якутии (Yakut). Все хронологии были получены на базе SARCS-стандартизации, являющейся робастной модификацией метода стандартизации региональными кривыми – RCS-метода [10].

При использовании МЭКК условно все выявленные периоды, которым соответствует значимый коэффициент ранговой корреляции Спирмена ($p < 0{,}000\,1$), можно разбить на 4 группы: 30-летние колебания с периодом от 31 до 33 лет, 70 летние колебания с периодом от 72 до 76 лет, 90-летние колебания от 85 до 97 лет и, наконец, 150-летние колебания от 132 до 178 лет.

Отметим, что при помощи МЭКК были получены фазовые сдвиги для различных периодов (или частот). Предположим, что выявленные общие колебания являются оценкой внешнего климатического сигнала, действующего на все экосистемы для обширной территории Евразии. Тогда фазовые сдвиги могут быть интерпретированы, с одной стороны, как пространственно-временные запаздывания или опережения в действия данного сигнала на прирост древесных растений, как одного из основных индикаторов состояния экосистем. С другой стороны, такие фазовые сдвижки могут отражать региональные особенности роста древесных растений.

Динамика реконструированных сигналов древесно-кольцевых хронологий на базе МЭКК отличается уже отмеченными выше опережениями и запаздываниями, несмотря на сходство выявленных значений частот. Можно также отметить, что амплитуда колебаний реконструированных хронологий меняется синхронно для всего анализируемого периода (рис. 4). Например, экстремально большие амплитуды для периодов 1450–1525, 1650–1775, 1900–2000 гг. сменяются более низкими значениями для следующих периодов: 1550–1625, 1775–1850 гг., соответственно. При этом, имеется 2 периода синхронизации (1600–1700 и 1880–1980 гг.) и 2 периода дисонхронизации в динамике реконструированных хронологий (1500–1600 и 1725–1860 гг.) (рис. 4).

Все анализируемые хронологии являются температурно-чувствительными [11; 12]. Известно также, что с 1960-х гг.

XX в. отмечается практически повсеместное увеличение летних температур в субарктической области Северного полушария [13]. Но в динамике реконструированных хронологий аналогичной тенденции не наблюдается (рис. 4). После 1960 г. в реконструированных хронологиях наблюдается динамика, обратная к температурной. Подобное расхождение в динамике прироста древесных растений и изменений летней температуры были выявлены в ряде работ. Более того, были описаны механизмы подобного расхождения в тенденциях [14; 15].

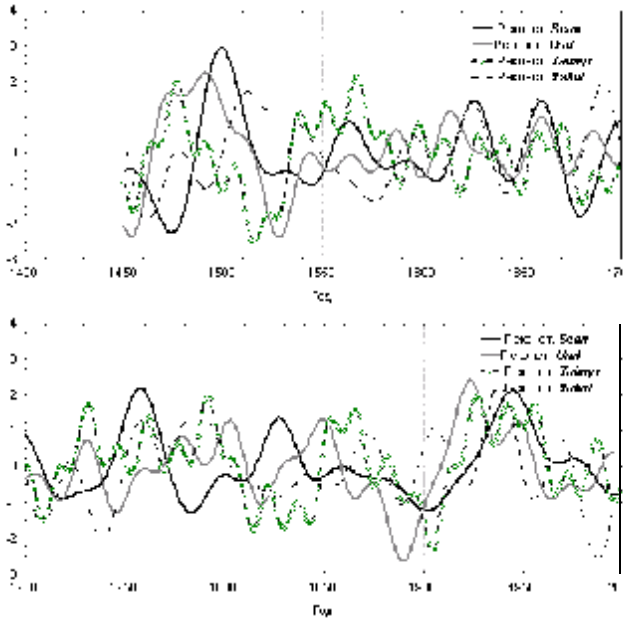


Рис. 4. Динамика реконструирования сигналов, выявленных в супердлительных древесно-кольцевых хронологиях для двух временных периодов

На основании проведенного анализа можно сделать следующие заключения.

Предлагается новый спектральный метод к анализу категориальных данных – метод эмпирических категориальных коррелограмм (МЭКК), который является статистически устойчивым к различного рода шумовым воздействиям, даже в тех случаях, когда амплитуда колорированного шума превосходит амплитуду сигнала. Разработано программное обеспечение, реализующее МЭКК.

На базе вычислительного эксперимента было показано, что алгоритм стабильно выявляет все пики базовых частот в коррелограммах при выбрасывании до 75 % значений различных реализаций категориального ВР. При 80%-ных потерях информации алгоритм МЭКК начинает терять до 70 % базовых частот, составляющих исходный сигнал.

На базе МЭКК был проведен спектральный анализ и получены реконструкции 4-х сверхдлительных древесно-кольцевых хронологий для циркумполярной области Евразии. В реконструированных хронологиях наблюдается динамика, обратная к температурной после 1960 г. Подобного рода расхождение в динамике прироста древесных растений и изменений летней температуры известны в дендроклиматологии.

Библиографический список

1. Thomson, D. J. Spectrum estimation and harmonic analysis / D. J. Thomson // Proc. IEEE 70. 1982. P. 1055–1096.

2. Яглом, А. М. Корреляционная теория стационарных случайных функций (с примерами из метеорологии) / А. М. Яглом. Л. : Гидрометеоиздат, 1981.

3. Шишов, В. В. Статистическая связь между проявлениями Эль Ниньо и летней температурой в Субарктике Сибири / В. В. Шишов // ДАН. 2000. № 5. Т. 375. С. 676–679.

4. Quinn, W. H. El-Nino occurrences over the past four and half centuries / W. H. Quinn, V. T. Neal // Journal of Geoph. Res. 1997. Vol. 92. P. 14449–14461.

5. Статистика : учебник / под ред. И. И. Елисеева. М. : ООО «ИТРЭМ». 2002.

6. Mann, M. E. Robust Estimation of Background Noise and Signal Detection in Climatic Time Series / M. E. Mann, J. Lees // Climatic Change. 1996. Vol. 33. P. 409–445.

7. Beer J. Sun and climate / J. Beer // Spatium. 2001. V. 8. P. 3–19.

8. Cook, E. R. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences / E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Publ., 1990.

9. Казакевич, Д. И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии / Д. И. Казакевич. Л. : Гидрометеоиздат, 1971.

10. Melvin, T. Historical growth rates and changing climatic sensitivity of boreal conifers / T. Melvin // Ph.D. thesis. Climatic Research Unit ; University of East Anglia. Norwich, 2004.

11. Ваганов, Е. А. Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария / Е. А. Ваганов, К. А. Бриффа, М. М. Наурзбаев [и др.] // ДАН. 2000. № 1. Т. 375. С. 103–106.

12. Grudd, H. A 7400-year tree-ring chronology in northern Swedish Lapland: natural climatic variability expressed on annual to millennial timescales / H. Grudd, K. R. Briffa, W. Karlen [et al.] // The Holocene. 2002. Vol. 12. P. 657–667.

13. Jones, P. D. Growing season temperatures over the former Soviet Union / P. D. Jones, K. R. Briffa // Internat. J. Climatology. 1995. Vol. 15. P. 943–959.

14. Шишов, В. В. Анализ изменчивости радиального прироста древесных растений на территории севера Евразии в последние десятилетия / В. В. Шишов, М. М. Наурзбаев, Е. А. Ваганов [и др.] // Известия РАН. Сер. география. 2007. № 3. С. 49–59.

15. Vaganov, E. A. Influence of snowfall and melt timing on tree growth in subarctic Eurasia / E. A. Vaganov, M. K. Hughes, A. V. Kirdyanov [et al.] // Nature. 1999. Vol. 400. P. 149–151.

V. V. Shishov

METHOD OF EMPIRICAL CATEGORIAL CORRELORAMMS AND ITS APPLICATION

In the paper a new spectral method for the category data analysis is described as method of empirical category correlogram. The investigation about statistical robust to different noise forcing are carried out on the basis of its calculation modeling. An example of its application to the dendrochronological data is shown.

Keywords: spectral analysis, categorial data.

УДК 519.6

А. А. Кузнецов

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРУПП ПО ИХ СПЕКТРУ[1]

Рассмотрен пример моделирования периодических групп при решении вопросов о распознаваемости групп по их спектру.

Ключевые слова: периодические группы, распознавание групп по спектру, компьютерное моделирование групп.

Группы, заданные порождающими элементами и определяющими соотношениями, возникают естественным образом во многих областях математики и связанных с нею дисциплин, особенно в некоторых разделах геометрии и топологии.

Комбинаторную теорию групп можно охарактеризовать как теорию групп, которые описываются порождающими и определяющими соотношениями, где в качестве модели используется модель, известная как «комбинаторика слов». Как самостоятельная наука со своей проблематикой она оформилась по существу только после того, как в 1911 г. М. Дэн сформулировал основные алгоритмические проблемы теории групп: проблему распознавания равенства, известную в литературе также под названием «проблема тождества», проблему сопряженности и проблему изоморфизма.

Пусть

$$G = \langle x_1, x_2, ..., x_m \mid v_1 = e, v_2 = e, ..., v_k = e \rangle$$

– периодическая группа, т. е. группа у которой все элементы имеют конечный порядок, с множеством свободных порождающих $\{x_1, x_2, ..., x_m\}$ и $\{v_1, v_2, ..., v_k\}$ – определяющими соотношениями в G; e – единица группы (пустое слово).

В работах [1; 2] был предложен алгоритм, который позволяет моделировать произвольную периодическую группу G, заданную порождающими элементами и определяющими соотношениями посредством последовательности специальных объектов $K_s = \{P_s, A_s, C_s, T_s\}$, каждый их которых представляет собой множество всех слов P_s группы G, не превосходящих по длине s, с заданной на этом множестве таблицей умножения T_s, обрабатывая которую при помощи алгоритма A_s, мы получаем список соотношений C_s в группе G.

В результате работы алгоритма строится последовательность объектов

$$K_1, K_2, ..., K_s, ...$$

В случае бесконечности группы G, число объектов K_s также можно построить бесконечное количество.

Если же группа G конечна, то на каком-то конечном шаге s будет иметь место следующее равенство:

$$K_s = K_{s+1}.$$

В этом случае последовательность P_s будет представлять элементы группы G, C_s – список определяющих соотношений, а T_s – таблицу умножения в указанной группе.

Теорема 1. Пусть $s \in N$ и s наименьшее со свойством $K_s = K_{s+1}$, тогда $|G| \le |P_s|$ [2].

Обозначим через $\omega(G)$ спектр группы G, т. е. множество порядков элементов из G. Например, $\omega(L_2(7)) = \{1, 2, 3, 4, 7\}$ [2]. Группа G из класса X называется распознаваемой в X по спектру $\omega(G)$, если любая группа $H \in X$, для которой $\omega(H) = \omega(G)$, изоморфна G.

В «Коуровской тетради» В. Д. Мазуров поместил следующий вопрос [3]: «Распознаваема ли группа $L_2(7)$ по спектру в классе всех групп?»

В работе [4] был получено положительное решение данной проблемы.

Теорема 2. Если спектр группы G равен $\{1, 2, 3, 4, 7\}$, то $G \cong L_2(7)$ [4].

В процессе доказательства теоремы 2 требовалось установить конечность ряда групп, заданных порождающими элементами и определяющими соотношениями. В

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта президента России (код проекта МК-2494.2008.1.), а также при поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта 2.1.1/3023).

работе [4] указывалось, что конечность рассматриваемых групп была получена в результате компьютерного моделирования, основанного на представленном выше алгоритме, однако сами расчеты не приводились. В настоящей работе данный пробел восполнен и ниже приведен расчет группы, найденные свойства которой были необходимы для доказательства теоремы 2.

Рассмотрим пример моделирования группы.

Теорема 3. Пусть $G = < x_1, x_2, x_3 \mid x_1^2 = x_2^2 = x_3^2 = e >$ – группа, порожденная тремя инволюциями x_1, x_2, x_3 и

1) $\omega(G) \subseteq \omega(L_2(7) = \{1, 2, 3, 4, 7\}$;

2) произведение любых двух инволюций из G есть 2-элемент, т. е. $\forall\, v, w \in G \;\; |vw| = \{1, 2, 4\}$, если $|v| = |w| = 2$.

Тогда $|G| \le 2^{10}$ и $\omega(G) = \{1, 2, 4\}$.

Доказательство. Построим группу G при помощи алгоритма из работы [1]. Обозначим образующие группы $x_1 = 0$, $x_2 = 1$ и $x_3 = 2$.

1. Строим объект $K_1 = \{A_1, P_1, T_1, C_1\}$. Здесь A_1 – алгоритм поиска и замены соотношений из C_1; $P_1 = \{e, 0, 1, 2\}$ – образующие группы. В последовательности P_1 введем отношение порядка, полагая по определению $e < 0 < 1 < 2$. Таблица умножения T_1 приведена в табл. 1. $C_1 = \{0^2 = e, 1^2 = e, 2^2 = e\}$ – список соотношений.

Таблица 1

Таблица умножения T_1

	e	**0**	**1**	**2**
e	*e*	0	1	2
0	0	00 = *e*	01	02
1	1	10	11 = *e*	12
2	2	20	21	22 = *e*

2. Далее строим объект K_2:

$$P_2 = \{e, 0, 1, 2, 10, 20, 01, 21, 02, 12\}.$$

Заметим, что все слова длины 2 являются произведениями инволюций, поэтому их порядки по определению равны 1, 2 или 4. Вследствие чего, список соотношений пополнится новыми соотношениями.

$$C_2 = \{0^2 = e, 1^2 = e, 2^2 = e, (10)^4 = e, (20)^4 = e,$$
$$(01)^4 = e, (21)^4 = e, (02)^4 = e, (12)^4 = e\}.$$

3. Переходим к построению объекта K_3:

$$P_3 = \{e, 0, 1, 2, 10, 20, 01, 21, 02, 12, 010, 210,$$
$$020, 120, 101, 201, 021, 121, 102, 202, 012, 212\}.$$

В P_3 среди слов длины 3 выделим «очевидные инволюции» 010, 020, 101, 121, 202 и 212 (действительно, $(010)^2 = 01(00)10 = 0(11)0 = 00 = e$ и т. д.). Сгруппируем оставшиеся слова длины 3 по парам: 210 и 012; 120 и 021; 201 и 102. Очевидно, сгруппированные слова являются взаимообратными друг к другу (действительно $210 \cdot 012 = e$, $012 \cdot 210 = e$ и т. д.), следовательно, $|210| = |012|$, $|120| = |021|$ и $|201| = |102|$. Рассмотрим несколько случаев.

Предположим, что $|210| = 3$, тогда список соотношений C_3 пополнится новым соотношением $(210)^3 = e$. Продолжая вычисления, получим, что в объекте K_7 последовательность $P_7 = P_1 = \{e, 0, 1, 2\}$. При этом таблица умножения T_7 будет следующая (табл. 2).

Таким образом, G – элементарная абелева группа порядка 4. Противоречие с предположением о том, что $|210| = 3$. К аналогичному результату приводят предположения о том, что $|120| = 3$ или $|201| = 3$. Поэтому $|120| \cdot 3$ и $|201| \cdot 3$.

Таблица 2

Таблица умножения T_7

	e	**0**	**1**	**2**
e	*e*	0	1	2
0	0	*e*	2	1
1	1	2	*e*	0
2	2	1	0	*e*

Рассмотрим следующий случай. Так как элементы 0, 1, 2, 010, 020, 101, 121, 202 и 212 являются инволюциями, то, составив из них таблицу умножения, мы получим элементы, порядки которых равны 1, 2 или 4 по условию теоремы. Все различные элементы из таблицы умножения данных инволюций приведены в табл. 3.

Таблица 3

Элементы, порядки которых равны 1, 2 или 4, как результат перемножения двух инволюций

$(10)^4 = e$	$(1021)^4 = e$	$(021010)^4 = e$
$(20)^4 = e$	$(1201)^4 = e$	$(101020)^4 = e$
$(01)^4 = e$	$(1202)^4 = e$	$(101021)^4 = e$
$(21)^4 = e$	$(1210)^4 = e$	$(101202)^4 = e$
$(02)^4 = e$	$(2010)^4 = e$	$(102121)^4 = e$
$(12)^4 = e$	$(2012)^4 = e$	$(121010)^4 = e$
$(0102)^4 = e$	$(2020)^4 = e$	$(121020)^4 = e$
$(0120)^4 = e$	$(2021)^4 = e$	$(202010)^4 = e$
$(0121)^4 = e$	$(2101)^4 = e$	$(202012)^4 = e$
$(0201)^4 = e$	$(2102)^4 = e$	$(202101)^4 = e$
$(0210)^4 = e$	$(2120)^4 = e$	$(202121)^4 = e$
$(0212)^4 = e$	$(2121)^4 = e$	$(212010)^4 = e$
$(1010)^4 = e$	$(010212)^4 = e$	$(212020)^4 = e$
$(1012)^4 = e$	$(012020)^4 = e$	$(212101)^4 = e$
$(1020)^4 = e$	$(020121)^4 = e$	$(212102)^4 = e$

Дополним список C_3 соотношениями из табл. 3. Пусть теперь $|210| = 7$, тогда в список соотношений C_3 добавится новое соотношение $(210)^7 = e$. Продолжая расчет, получим, что в объекте K_{11} последовательность $P_{11} = P_1 = \{e, 0, 1, 2\}$. При этом таблица умножения T_{11} будет такая же, как и табл. 2.

И снова приходим к противоречию с предположением о том, что $|210| = 7$. К аналогичному результату приводят предположения, что $|120| = 7$ или $|201| = 7$. Поэтому $|120| \cdot 7$ и $|201| \cdot 7$.

Рассмотренный анализ доказывает, что слова 210, 012, 120, 021, 201 и 102 не могут иметь порядок 3 и 7. Следовательно, данные слова должны иметь порядок 1, 2 или 4. Это означает справедливость следующих соотношений: $(210)^4 = e$, $(012)^4 = e$, $(120)^4 = e$, $(021)^4 = e$, $(201)^4 = e$ и $(102)^4 = e$. Добавим эти соотношения в C_3.

4. Переходим к построению K_4 и последующих объектов K_s с учетом соотношений из табл. 3. В конечном итоге получим, что $K_{13} = K_{14}$, $|P_{13}| = |P_{14}| = 2^{10}$. Затем, используя компьютерные вычисления, проверим, что таблица умножения T_{14} удовлетворяет всем групповым свой-

ствам. Таким образом, последовательность P_{14} с таблицей умножения T_{14} образует группу, изоморфную G. Непосредственной проверкой находим, что $\omega(G) = \{1, 2, 4\}$. Группа G, порядок которой равен 2^{10}, является максимальной группой, удовлетворяющей условиям теоремы. Теорема доказана.

Следствие 1. Пусть $(10)^2 = e$, $(20)^2 = e$, $(21)^2 = e$. Тогда получим, что $|G| = 8$.

Следствие 2. Пусть $(10)^2 = e$, $(210)^2 = e$. Тогда получим, что $|G| = 16$.

Следствие 3. Пусть $(210)^2 = e$. Тогда получим, что $|G| = 32$.

Следствие 4. Пусть $(10)^2 = e$. Тогда получим, что $|G| = 64$.

Таким образом, проиллюстрированный в статье пример показывает эффективность моделирования периодических групп при помощи указанного выше алгоритма в задачах распознавания групп по их спектру.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. А. Об одном алгоритме получения соотношений в свободной бернсайдовой группе $B(m, n)$ / А. А. Кузнецов, С. А. Тарасов, А. К. Шлепкин // Дискретные модели в теории управляющих систем : тр. VI Междунар. конф. М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2004. С. 175–178.

2. Кузнецов, А. А. Некоторые комбинаторные вопросы в периодических группах : дис ... канд. физ.-мат. наук / А. А. Кузнецов. Красноярск : КрасГАУ, 2006.

3. Нерешенные вопросы теории групп. Коуровская тетрадь / под. ред. В. Д. Мазурова. Вып. 16. Новосибирск : ИМ СО РАН, 2006.

4. Кузнецов, А. А. Распознавание группы $L_2(7)$ по спектру в классе всех групп / А. А. Кузнецов, Д. В. Лыткина // Сиб. электрон. матем. изв. 2007. № 4. С. 136–140.

A. A. Kuznetsov

SET-THEORETIC ANALYSIS OF ALGEBRAIC PROBLEBMS OF GROUPS RECOGNIZABILITY BY SPECTRUM

It is shown the example of periodic groups modeling in problems of group recognizability by their spectrum.

Keywords: periodic groups, groups recognizability by spectrum, computational modeling of groups.

УДК 658.512.6

I. S. Masich

COMBINATORIAL OPTIMIZATION IN FOUNDRY PRODUCTION PLANNING

The mathematical model of foundry production capacity planning is suggested in the paper. The model is produced in terms of pseudo-Boolean optimization theory. Different search optimization methods were used to solve the obtained problem.

Keywords: combinatorial optimization, pseudo-Boolean function, heuristic algorithm, foundry.

Production capacity optimization. One of the actual problems in modern industry is production capacity optimization under irregular orders from numerous partners. Along with the mass serial production these orders may have small serial or single nature. The majority of orders are irregular, i. e. they cannot be planned beforehand but nevertheless they are profitable enough or the enterprise. It requires solving production scheduling problems many times in casual points of time.

So it is necessary to have means for including new small orders in capacity intervals of existing mass serial ones. Moreover, it is necessary to consider time of equipment revamping for small serial order since it takes significantly more part of execution time than in mass serial production.

Existing of small serial and single orders requires practically permanent process of production capacity planning. Construction of production capacity program for industrial enterprise and its subdivisions is laborious and logically intricate problem. Consider it by the example of foundry practice. Below we design an optimization model for production capacity and apply combinatorial methods to solve it.

Pseudo-Boolean optimization problems. Unconstrained pseudo-Boolean optimization is an issue studied enough by now. Algorithms that have been designed and investigated in the area of unconstrained pseudo-Boolean optimization are applied successfully for solving various problems. Particularly, they are local optimization methods [1–3] and stochastic and regular algorithms based on local search for special function classes [4–6]. Moreover, there are a number of algorithms for functions optimization given in explicit form: Hammer's basic algorithm that was introduced in [7] and simplified in [8]; algorithms for optimization of quadratic functions [9–11], etc. Universal optimization methods are also used successfully: genetic algorithms, simulated annealing, tabu search [12; 13].

If there are constraints on the binary variables, one of the ways to take into account it as is well known is

construction and optimization of a generalized penalty function. Shortcoming of this approach is existence of a large number of local optima of the generalized function what will be shown below. If an accessible region is a connected one then this issue could be partly eliminated, for example, by using local search with a stronger system of neighborhoods. Extension of search neighborhood reduces the number of local optima which locate mainly not far one from another in this case. If an accessible region is unconnected then using penalty functions and unconstrained optimization methods get complicated because the accessible region is usually too small with the respect to optimization space. That makes difficult searching a feasible solution.

In this work heuristic procedures of boundary point search are considered for a constrained pseudo-Boolean optimization problem. Experimental investigation of the algorithms are described, recommendations for their apply are given.

Search algorithms for pseudo-Boolean optimization. Basic definitions. Consider some definitions that are necessary for describing optimization algorithm work [14].

A *pseudo-Boolean function* is called a real function of binary variables: $f: B_2^n \to R^1$, where $B_2 = \{0, 1\}$, $B_2^n = B_2 \times B_2 \times \Lambda \times B_2$.

Points $X^1, X^2 \in B_2^n$ are called *k-neighboring* points if they differ in k coordinate value, $k = \overline{1, n}$. 1-neighboring points are called simply neighboring.

The set $O_k(X)$, $k = \overline{0, n}$, of all point of B_2^n, that are k-neighboring to a point X, is called a *k-th level* of the point X.

A point set $W(X^0, X^l) = \{X^0, X^1, K, X^l\} \subset B_2^n$ is called a *path* between points X^0 and X^l if for $\forall\, i = 1, ..., l$ the point X^i is a neighboring to X^{i-1}.

A set $A \subset B_2^n$ is called a *connected set* if for $\forall X^0,\ X^l \in A$ the path $W(X^0, X^l) \subset A$ exists.

A point $X^* \in B_2^n$, for which $f(X^*) < f(X),\ \forall X \in O_1(X^*)$, is called a *local minimum* of pseudo-Boolean function f.

A pseudo-Boolean function that has an unique local minimum is called an *unimodal* on B_2^n function.

An unimodal function f is called *monotonic* on B_2^n if $\forall X^k \in O_k(X^*), k = \overline{1, n}:\ f(X^{k-1}) \le f(X^k),\ \forall X^{k-1} \in O_{k-1}(X^*) \cap O_1(X^k)$.

Problem statement. Consider the problem of the following form

$$C(X) \to \max_{X \in S \subset B_2^n}, \qquad (1)$$

where $C(X)$ is a monotonically increasing from X^0 pseudo-Boolean function, $S \subset B_2^n$ is a certain subspace of the binary variable space; it is determined by a given constraint system, for example:

$$A_j(X) \le H_j,\ j = \overline{1, m}. \qquad (2)$$

In the general case a set of feasible solutions S is an unconnected set.

One of ways to take into account constraints in conditional problems is construction a generalized penalty function that is solved by known search methods: local search, genetic algorithms, simulated annealing, etc. Shortcoming of this approach is loss of the monotonicity property for an object function. By addition of even simple (for example, linear) constraints the generalized function becomes a polymodal nonmonotonic function with exponential number of local maxima.

Properties of a feasible set. A point $Y \in \mathbf{A}$ is a *boundary point* of the set $\mathbf{A}$ if there exist $X \in O_1(Y)$ for which $X \notin \mathbf{A}$.

A point $Y \in O_i(X^0) \cap \mathbf{A}$ is called a *limiting point* of the set $\mathbf{A}$ with the basic point $X^0 \in \mathbf{A}$ if for $\forall X \in O_1(Y)$I $O_{i+1}(X^0)$ $X \notin \mathbf{A}$ holds.

A constraint that determines a subspace of the binary variable space is called *active* if the optimal solution of the conditional problem does not coincide with the optimal solution of the appropriate problem without taking the constraint into account.

If the object function is a monotonic unimodal function and the constraint is active then the optimal solution of the problem (1) is a point that belongs to the subset of limiting points of the feasible set S with the basic point X^0 in which the object function takes the lowest value:

$$C(X^0) = \min_{X \in B_2^n} C(X).$$

Properties of feasible sets are considered detailed in [15; 16].

Heuristic algorithms for boundery point search. For any heuristic of boundery point search we will consider a pair of algorithms – primary and dual. A primary algorithm starts search from the feasible area and moves in a path of increasing of the objective function until it finds a limiting point of feasible area. Otherwise, a dual algorithm keeps search in the unfeasible area in a path of decreasing of the objective function until it finds some available solution.

Total scheme of primary search algorithm:

1. Put $X_1 = X^0$, $i = 1$.

2. In accordance with a rule we choose $X_{i+1} \in O_i(X^0) \cap O_1(X_i) \cap S$. If there are no such point then go to 3; else $i = i + 1$ and repeat the step.

3. $X_{\text{opt}} = X_{i+1}$.

Total scheme of dual search algorithm:

1. Put $X_1 \in O_n(X^0)$, $i = 1$.

2. In accordance with a rule we choose $X_{i+1} \in O_{n-i}(X^0) \cap O_1(X_i)$. If $X_{i+1} \in S$ then go to 3; else $i = i + 1$ and repeat the step.

3. $X_{\text{opt}} = X_{i+1}$.

From these schemes we can see that a primary algorithm finds a limiting point of the feasible area, but a dual algorithm finds a boundary point which may be not a limiting one. So a primary algorithm finds a better solution then dual in most cases for problems with a connected set of feasible solutions. If we will use a primary algorithm for a problem with a unconnected feasible area then solution received in result may be far from the optimal because feasible and unfeasible solutions will rotate in a path of increasing of the objective function. For these cases a dual algorithm is more usefull, because this rotation does not play any role for it. For improving the solution that given by the dual algorithm, it is recommends to apply the corresponding primary algorithm. Such improving is very significant in practice.

Boundary point search algorithms considered below differs by only a rule of choise of a next point in step 2 of the total schemes.

Search rules. *Rule 1.* Random search of boundary points (RSB).

A point X_{i+1} is chosen by random way. Each point in the next step can be chosen with equal probabilities. For real-world problems these probabilities can be not equal but they

are calculated in the basis of problem specific before search starts.

Rule 2. Greedy algorithm.

A point X_{i+1} is chosen acordance with the condition

$$\lambda(X_{i+1}) = \max_j \lambda(X^j),$$

where $X^j \in O_i(X^0) \cap O_1(X_i) \cap S$ for a primary algorithm and $X^j \in O_{n-i}(X^0) \cap O_1(X_i)$ for a dual one.

The function $\lambda(X)$ is chosen from the specific problem, for example:

– the objective function $\lambda(X) = C(X)$;

– specific value $\lambda(X) = C(X)/A(X)$ (for only constraint) and so on.

Rule 3. Adaptive random search of boundary points (ARSB).

A point X_{i+1} is chosen by random way in accordance with a probability vector

$$P^i = (p_1^i, p_2^i, ..., p_J^i),$$

where J is the number of points from which choice is made.

$$p_j^i = \frac{\lambda(X^j)}{\sum_{l=1}^{J} \lambda(X^l)}, \ j = \overline{1,J},$$

where $X^j \in O_i(X^0) \cap O_1(X_i) \cap S$ for a primary algorithm and $X^j \in O_{n-i}(X^0) \cap O_1(X_i)$ for a dual one.

ARSB is an addition to the greedy algorithm.

Rule 4. Modificated random search of boundary points (MRSB).

A point X_{i+1} is chosen in accordance with the condition

$$\lambda(X_{i+1}) = \max_r \lambda(X^r),$$

where X^r are points chosen in accordance with the rule 1, $r = \overline{1,R}$; R is an algorithm parameter.

A greedy algorithm is a regular algorithm [17], so it finds equivalent solutions under restart from a certain point. Other algorithms can be started several times and the best solution can be selected from the found solutions. An average run time of a greedy algorithm and ARSB is significant larger than for others because they look over all points of the next level in each step in distinction from RSB and MRSB which looks over only one and R points correspondingly in each step in a dual scheme.

Further we consider applying the described algorithms for one of real-world problems with large dimension and unconnected set of feasible solutions.

Foundry branches production capacity optimization. Production of different kinds is produces in foundry branches (FB). There is specialization in every FB by a kind of production which can be produced by its foundry machines (FM). There is a quantity of orders for production. To each order there corresponds the volume, a kind of production and term of performance. The kind of production is characterized by productivity for change (only 3 changes in day). Replacement made on FM production demands its recustomizing borrowing one change. It is necessary to load thus FB capacities the orders were carried out all, production was made in more regular intervals in time, and the number of recustomizings of FM equipment was minimal.

Input data:

I is a number of days for planning;

J is a number of FB;

K_j is a number of FM in j-th FB, $j = \overline{1,J}$;

L is a number of orders for production that produces on FM (and corresponding number of production kinds);

V_l is productivity of l-th kind of production for change on FM, $l = \overline{1,L}$;

T_l is term of performance of l-th order (for production of l-th kind) on FM, $l = \overline{1,L}$;

W_l is volume of l-th order (for production of l-th kind) on FM, $l = \overline{1,L}$;

z_{jl} characterizes specialization of FB:

$$z_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{FM of } j\text{-th FB can make production of } l\text{-th kind,} \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

α is the factor of rigidity of restriction on demand of uniformity of production a days, $0 < \alpha < 1$.

Variables:

For the model construction introduce the following binary variables:

$$Y = \{y_{ijkl}\} \in B_2^n,$$

$$X = \{x_{ijkl}\} \in B_2^n,$$

where $B_2 = \{0,1\}$, $B_2^n = B_2 \times B_2 \times \Lambda \times B_2$ is a set of binary variables.

$$y_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{production of } l\text{-th kind is made} \\ & \text{in } i\text{-th day on } k\text{-th FM of } j\text{-th FB,} \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

$$x_{ijkl} = \begin{cases} 1, & \text{production of } l\text{-th kind is started to make} \\ & \text{in } i\text{-th day on } k\text{-th FM of } j\text{-th FB,} \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

Total dimension of a binary vector Y (and X) is

$$n = I \cdot L \cdot \sum_{j=1}^{J} K_j.$$

Remarks:

1. $x_{ijkl} \le y_{ijkl} \ \ \forall i,j,k,l$.

2. $x_{ijkl} = y_{ijkl} \cdot (1 - y_{i-1,jkl}) \ \ \forall i,j,k,l \ (y_{0jkl} = 0 \ \ \forall j,k,l)$. (3)

Optimization model:

1. The objective function and the main constraints:

$$C(X) \to \min, \tag{4}$$

$$A_l^1(Y) \ge W_l, \ l = \overline{1,L}, \tag{5}$$

$$A_i^2(Y) \ge \alpha \cdot W^I, \ i = \overline{1,I}, \ \alpha \in (0,1), \ W^I = \sum_{l=1}^{L} W_l \Big/ I, \tag{6}$$

where

$$C(X) = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K_j}\sum_{l=1}^{L} x_{ijkl} = \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K_j}\sum_{l=1}^{L} y_{ijkl} \cdot \left(1 - y_{i-1,jkl}\right),$$

$$A_l^1(Y) = \sum_{i=1}^{T_l}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K_j} V_l \cdot y_{ijkl} \cdot \left(2 + y_{i-1,jkl}\right),$$

$$A_i^2(Y) = \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K_j}\sum_{l=1}^{L} V_l \cdot y_{ijkl} \cdot \left(2 + y_{i-1,jkl}\right),$$

$$y_{0jkl} = 0 \ \ \forall j,k,l.$$

2. The additional constraints:

$$\sum_{l=1}^{L} y_{ijkl} \le 1 \ (\sum_{l=1}^{L} x_{ijkl} \le 1), \ i = \overline{1,I}, \ j = \overline{1,J}, \ k = \overline{1,K_j}, \tag{7}$$

$y_{ijkl} \le z_{jl}$ ($x_{ijkl} \le z_{jl}$), $i = \overline{1,I}$, $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$.

Model properties:

1. There are two spaces of binary variables (denote their by B^X and B^Y) corresponding to vectors X and Y. For each point $Y \in B^Y$ a unique point $X \in B^X$ corresponds, components of which are determined by relation (3). Several points $Y \in B^Y$ (with different value of constraint function) can correspond to the point $X \in B^X$.

2. The objective function (4) is linear and unimodal monotonic in space B^X with the minimum point $X^0 = (0, ..., 0)$. In space B^Y the objective function is a quadratic and unimodal nonmonotonic one with a minimum point $Y^0 = (0, ..., 0)$.

3. The constraint function (5) and (6) in space B^Y are quadratic and unimodal monotonic pseudo-Boolean functions with a minimum point $Y^0 = (0, ..., 0)$. In space B^X the constraint functions unequivocally are not certain.

4. The feasible set in spaces B^X and B^Y is limited from above by $I \cdot \sum_{j=1}^{J} K_j$ -th level of the minimum point (X^0 and Y^0) according to the constraint (7). In space B^Y this level corresponds to the case when production is produced on each BM every day.

5. The feasible set is an unconnected set in general case (in space B^Y).

Thus the problem solution is defined completely by the variables Y, but it does not hold for the variables X. But the objective function from X has good constructive properties so that optimum search on X is more efficient than on Y. As the constraint function (5), (6) from X are not defined, we should find values of these functions from the corresponding point Y. There exist perhaps several such points

$$X \to Y_1, Y_2, ..., Y_H.$$

Not at all points the solution may be feasible but in other not. As the constraint functions are monotonic here then for a certain X we should choose such Y that belongs to the most possible level (with the most values of the functions):

$$Y = \arg \max_{Y_h, h=\overline{1,H}} \left(\sum_{i,j,k,l} y^h_{ijkl} \right),$$

where $Y_h = (y_{1111}, ..., y_{IJK_JL})$.

One of the algorithms of this transformation is presented below.

Algorithm 1 of transformation X to Y:

1. Put $N_{jk} = 0$, $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$; $i = 1$.

2. For $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$ do: if $x_{ijkl} = 1$ then $N_{jk} = l$.

3. For $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$ do: if $N_{jk} = l$ then $y_{ijkl} = 1$ else $y_{ijkl} = 0$.

4. If $i < I$ then $i = i + 1$ and to 2.

At the same time the solution Y received from the found best vector X_{opt} by this way may corresponds to situation when a quantity of let out production is more higher than the requisite value (it does not contradict to the constructed model but this can influence uniformity of capacities loading which is optimized at the next stage). So when the first stage of search has ended, we should define Y_{opt} by the rule

$$X_{\text{opt}} \to Y_1, Y_2, ..., Y_H,$$

$$Y_{\text{opt}} = \arg \min_{Y_h : A^1_l(Y_h) \ge W_l, l=\overline{1,L}} \left(\sum_{i,j,k,l} y^h_{ijkl} \right).$$

In this case the transformation algorithm has some differences from the previous.

Algorithm 2 of transformation X to Y:

1. Put $N_{jk} = 0$, $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$.

1a. Put $y_{ijkl} = 0$, $i = \overline{1,I}$, $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$; $i = 1$.

2. For $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$ do: if $x_{ijkl} = 1$ then $N_{jk} = l$.

3. For $j = \overline{1,J}$, $k = \overline{1,K_j}$, $l = \overline{1,L}$ do: if $N_{jk} = l$ and $A^1_l(Y) < W_l$ then $y_{ijkl} = 1$.

4. If $i < I$ then $i = i + 1$ and to 2.

Here the condition $A^1_l(Y) < W_l$ is added in the step 3, and the step 1a is added also for possibility of this calculation. There is no necessity in this transformation during the search. It is necessary only to determine the result Y_{opt}.

Optimization algorithms. The dual algorithms RSB, greedy and MRSB have been used for solving the problem. The algorithm ARSB has not been considered for this problem because of its excessive large run time by frequent start. One start of ARSB can very rarely give a solution which is better then the solution given by the greedy algorithm. The start point of search is the point of the unconstraint minimum of the objective function $X^0 = (0, ..., 0)$. A found solution has been improved by the corresponding primary algorithm.

Moreover, the problem has been solved by the genetic algorithm (GA). To realize GA we have chosen a scheme that effective worked for multiple solving other combinatorial optimization problems.

Results of the experiments shows that the most effective algorithms (by precision and run time) from the considered ones for this problem are the greedy algorithm and MRSB. The other algorithms under hard constraints on the variables do not find any accesible solution at all. It is a sequel of problem specific: a large amount of different constraints and, as a result, a comparative small accesible regin.

The average results of solving 10 problems of month planning capacity loading are presented in the table. The average values of input data:

$$I = 31,\ J = 3,\ K_1 = 12,\ K_2 = 9,\ K_3 = 7,\ L = 36,\ \alpha = 0{,}5,$$

$$V_l \in [40, 50],\ W_l \in [20, 25\,000].$$

Herewith the total dimension of the binary vector is $n = 31\,248$.

The number of algorithm starts L has been chosen so that the run time nearly equals to the run time of one start of the greedy algorithm. In this case the run time equals to $T \approx 8 \cdot 10^5$.

MRSB is a more flexible procedure in compare with the greedy algorithm as the first one allows selecting the parameters L and R that influence on algorithm run time and solution precision. The greedy algorithm does not allow that possibility and run time may be overmuch large under high dimensions. What about their efficience, precision of the found solutions differs unessentually under nearly equivalent run time.

The optimization model for foundry production capacity planning is designed. It corresponds to the conditional pseudo-Boolean optimization problem with an unconnected feasible set and it is solved by the series of heuristic search algorithms. The algorithms of boundary point search show

high efficiency for solving the pseudo-Boolean optimization problem with an unconnected accessible region. The most efficient algorithms for the considered problem are the dual algorithms MRSB and greedy one.

Bibliography

1. Aarts, E. H. L. Local Search in Combinatorial Optimization / E. H. L. Aarts, J. K. Lenstra // Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization. England : John Wiley & Sons Ltd, 1997.

2. Antamoshkin, A. N. Comparative efficiency of two schemes of local search for optimization of pseudo-Boolean functions [Electronic resource] / A. N. Antamoshkin, I. S. Masich // Investigated in Russia : electronic journal. 2004. 51. P. 544–546. Access mode: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/051.pdf. Title from a display.

3. Papadimitriou, C. H. Combinatorial Optimization / C. H. Papadimitriou, K. Steiglitz. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.

4. Antamoshkin, A. N. Optimization of unimodal monotone pseudoboolean functions / A. N. Antamoshkin, V. N. Saraev, E. S. Semenkin // Kybernetika. 1990. Vol. 26, № 5. P. 432–441.

5. Bjцrklund, H. Optimization on Completely Unimodal Hypercubes / H. Bjцrklund, S. Sandberg, S. Vorobjov // Technical report 2002-018/ May 2002/ ISSN 1404-3203.

6. Wegener, I. On the Optimization of Monotone Polynomials by Simple Randomized Search Heuristics / I. Wegener, C. Witt. Technical Report. ISSN 1433-3325.

7. Hammer, P. L. Boolean Methods in Operations Research and Related Areas / P. L. Hammer, S. Rudeanu. Berlin : Springer-Verlag ; New York : Heidelberg, 1968.

8. Boros, E. Pseudo-Boolean Optimization / E. Boros, P. L. Hammer // Discrete Applied Mathematics. 2002. Vol. 123. P. 155–225.

9. Allemand, K. A. Polynomial case of unconstrained zero-one quadratic optimization / K. Allemand, K. Fukuda, T. M. Liebling, E. Steiner // Math. Program. Ser. A. 2001. Vol. 91. P. 49–52.

10. Foldes, S. Monotone, Horn and Quadratic Pseudo-Boolean Functions / S. Foldes, P. L. Hammer // Journal of Universal Computer Science. 2000. Vol. 6, № 1. P. 97–104.

11. Hammer, P. L. Quadratic functions of binary variables / P. L. Hammer, B. Simeone // Combinatorial Optimization, Lecture Notes in Mathematics ; ed. by B. Simeone. Vol. 1403 Springer, Heidelberg, 1989.

12. Goldberg, D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning / D. E. Goldberg. Reading, MA : Addison-Wesley, 1989.

13. Schwefel, H.-P. Evolution and Optimum Seeking / H.-P. Schwefel. New York : Whiley Publ., 1995.

14. Antamoshkin, A. N. Regular optimization of pseudo-Boolean functions / A. N. Antamoshkin. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk university publ., 1989.

15. Antamoshkin, A. N. Heuristic search algorithms for monotone pseudo-boolean function conditional optimization / A. N. Antamoshkin, I. S. Masich // Engineering&automation problems. 2006. Vol. 5, № 1. P. 55–61.

16. Antamoshkin, A. N. Unimprovable algorithm of conditional optimization of monotonic pseudo-Boolean functions [Electronic resource] / A. N. Antamoshkin, I. S. Masich // Investigated in Russia : electronic journal. 2004. 64. P. 703–708. Access mode: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/064.pdf. Title from a display.

17. Antamoshkin, A. N. Greedy algorithm and local search for conditional pseudo-Boolean optimization [Electronic resource] / A. N. Antamoshkin, I. S. Masich // Investigated in Russia : electronic journal. 2003. 177. P. 2143–2149. Access mode: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/177.pdf. Title from a display.

Comparative results

Algorithm	Number of starts L	Found solution C_{opt}
RSB	2 000	Not found
Greedy	1	49
MRSB, $R = 1\ 000$	12	47
MRSB, $R = 100$	60	52
MRSB, $R = 10$	200	Not found
GA*	–	Not found

Note.* GA parameters: tournament selection with the tournament value 5, population value 100, the largest number of generations 8 000, mutation probability 0,000 1.

И. С. Масич

КОМБИНАТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предлагается математическая модель планирования загрузки литейного производства. Модель представлена в терминах теории псевдобулевой оптимизации, в качестве методов решения полученной задачи использовались различные поисковые методы оптимизации.

Ключевые слова: комбинаторная оптимизация, псевдобулевые функции, приближенные алгоритмы, литейное производство.

УДК 519.6

Т. А. Ширяева

ВЕРХНЯЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ НАХОЖДЕНИЯ ГИЛЬБЕРТОВОЙ СЛУЧАЙНОЙ ФУНКЦИИ В ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ

Уточнены некоторые оценки для нормального распределения в банаховых пространствах.

Ключевые слова: случайный элемент, нормальное распределение.

Пусть $P(B)$ обозначает совокупность мер μ, определенных на борелевской σ – алгебре $\Re(B)$ сепарабельного вещественного банахова пространства B и удовлетворяющих условию $\mu(B) = 1$.

Определение. Случайный элемент $\xi \in B$ называется нормально распределенным, если для любого f линейного непрерывного функционала случайная величина $f(\xi)$ имеет нормальное распределение в множестве действительных чисел R_1. Поэтому функция плотности вероятности для $f(\xi)$ имеет вид

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\int_{-\infty}^{x} e^{\frac{-(t-a)}{2\sigma^2}}dt,$$

где $a = Mf(\xi)$; $\sigma^2 = Df(\xi)$.

Рассмотрим частный случай, когда $B = H$ – гильбертово пространство. Пусть норма $\|\xi\|$. Тогда $\|\xi\|$ – действительная случайная величина из R_1.

Если ξ имеет нормальное распределение и $M\xi = 0$, то характеристическая функция имеет вид

$$\varphi(t) = Me^{it\|\xi\|^2} = \frac{1}{\prod_{k=1}^{\infty}\sqrt{1-2t\lambda_k}},$$

где λ_k – собственные числа ковариации [1].

Пусть случайный элемент $\xi \in H$. Тогда распределение можно задать в виде $P\left(\left\| \xi\right\| < r\right)$, где $r \geq 0$.

Вопрос нахождения вероятностей такого вида является предметом изучения многих исследователей [2–5].

Приведем оценку из работы [2], которая является асимптотической, когда $r \to 0$.

Пусть в измеримом гильбертовом пространстве H задан гауссовский случайный элемент ξ с нулевым средним и корреляционным оператором R. Тогда, если $r \to 0$, то

$$P\left(\|\xi\|^2 < r\right) \approx$$

$$\approx \frac{\exp\left\{-\int_0^{\gamma} Sp\left(R\left[R_u(R) - R_\gamma(R)\right]\right)du\right\}}{2\gamma\sqrt{\pi Sp\left[RR_\gamma(B)\right]^2}},$$

где $\gamma = \gamma(r)$ удовлетворяет уравнению: $r = SpBR_\gamma(B)$; SpA – след оператора.

Оператор R_γ определяется по формуле $R_\gamma(B) = (I + 2\gamma B)^{-1}$, I – тождественный оператор.

Как видно из формулы, чтобы вычислить вероятность $P(\|\xi\|^2 < r)$, прежде необходимо вычислить операторы R_γ и R_u, а также след указанных операторов, что само по себе проблематично.

Одной из последних оценок является оценка Л. В. Розовского [4].

В работе [5] предложен другой подход к оценке вероятностей $P(\|\xi\| < r)$.

В результате вычислений получено следующее:

$$P\left(\|\xi\| < r\right) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{e^{-\frac{1}{4}\sum_{k=1}^{\infty}\ln\left(1+(2t\lambda_k)^2\right)}}{t} \times$$

$$\times\left(\cos\frac{tr^2 + \sum_{k=1}^{\infty}\operatorname{arctg}2t\lambda_k + 2\pi k}{2}\sin\frac{tr^2}{2}\right)dt,$$

где λ_k – собственные числа ковариационного оператора R случайного элемента ξ.

Следствием указанной зависимости является оценка вида

$$P\left(\|\xi\| < r\right) \leq \frac{\sqrt{2}}{\pi}\int_0^{\frac{2\pi}{r^2}} \frac{1}{t\sqrt[4]{1+(2t\lambda)^2}}\sin\frac{tr^2}{2}dt,$$

где $\lambda = \max_{k\geq 1}\lambda_k$.

Уточним данную оценку путем увеличения числа параметров.

Формулировка результата. *Теорема.* Пусть λ_1 – максимальное собственное значение ковариационного оператора R, $\lambda_2 < \lambda_1$. Тогда вероятность попадания гауссовского случайного элемента ξ из гильбертова пространства в шар ограничена сверху:

$$P\left(\|\xi\| < r\right) \leq \frac{\sqrt{2}}{\pi}\int_0^{\frac{6\pi}{r^2}} \frac{1}{t}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}} \times$$

$$\times\sin\frac{tr^2}{2}dt.$$

Доказательство результата. Рассмотрим вероятность $P(r) = P(||\xi|| < r)$, которая задана формулой (1). Зафиксируем $\lambda_1 = \max_{k\geq 1}\lambda_k, \lambda_2 < \lambda_1$, тогда

$$e^{-\frac{1}{4}\sum_{k=1}^{\infty}\ln(1+(2t\lambda_k)^2)} = \frac{1}{\prod_{k=1}^{\infty}\sqrt[4]{1+((2t\lambda_k)^2)}} \leq$$

$$\leq \frac{1}{\sqrt[4]{(1+((2t\lambda_1)^2)(1+((2t\lambda_2)^2)}}. \quad (1)$$

Так как

$\cos\left(\frac{tr^2 + \sum_{k=1}^{\infty}\operatorname{arctg}2t\lambda_k + 2\pi k}{2}\right)$ – по модулю не превосходит единицы, в итоге получаем, что

$$P(r) \le \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{1}{t\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}} \times \sin\frac{tr^2}{2}dt. \quad (2)$$

Выражение интеграла (2) существенно проще, чем выражение (1). Получить точное численное значение интеграла (2) можно. Поэтому рассмотрим подынтегральную функцию:

$$\frac{1}{t\cdot\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}}\cdot\sin\frac{tr^2}{2}.$$

При $t = 0$ функция имеет разрыв, но существует

$$\lim_{t\to+0}\frac{1}{t\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}}\cdot\sin\frac{tr^2}{2}=\frac{r^2}{2},$$

значит функция ограничена. В точках $t_k = \frac{2\pi k}{r^2}$ функция пересекает ось Ox. График функции – синусоида, но из-за множителей $\frac{1}{t}$ и $\frac{1}{\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}}$ при $t \to \approx$ синусоида будет угасать. Ограничимся случаем $k = 3$.

Поэтому

$$P(r) \le \frac{\sqrt{2}}{\pi}\int_0^{\frac{6\pi}{r^2}} \frac{1}{t}\cdot\frac{1}{\sqrt[4]{\left(1+\left(2t\lambda_1\right)^2\right)\cdot\left(1+\left(2t\lambda_2\right)^2\right)}} \times \sin\frac{tr^2}{2}dt. \quad (3)$$

Теорема доказана.

Для различных значений радиуса r собственных значений λ_1, λ_2 интеграл (3) был вычислен с помощью системы компьютерной алгебры Maple, построены таблицы.

Библиографический список

1. Гихман, И. И. Теория случайных процессов : в 2 т. Т. 1 / И. И. Гихман, А. В. Скороход. М. : Наука, 1971.

2. Сытая, Г. Н. Об асимптотическом представлении гауссовской меры в гильбертовом пространстве / Г. Н. Сытая // Теория стахостических процессов. 1974. Т. 2.

3. Ибрагимов, И. А. О вероятностях попадания гауссова вектора со значениями в гильбертовом пространстве в сферу малого радиуса / И. А. Ибрагимов // Записки научного семинара ЛОМИ. 1979. Т. 85. С. 75–93.

4. Розовский, Л. В. О гауссовой мере шаров в гильбертовом пространстве / Л. В. Розовский // Теория вероятностей и ее применения. 2008. № 2. С. 382–389.

5. Ширяева, Т. А. Оценка вероятности попадания гауссовского вектора в гильбертовый шар / Т. А. Ширяева, И. Л. Ваганова // Статическая метофизика : сб. тр. 5 ежегод. ФАМ конф. Красноярск, 2005. С. 179–181.

T. A. Shiryaeva

TOP ESTIMATION OF THE PROBABILITY OF THE HILBERT STOCHASTIC FUNCTION FINDINGIN THE SET SPACE

Some estimations for normal distribution in Banach spaces are amplified.

Keywords: stochastic element, normal distribution.

УДК 62-506

A. N. Antamoshkin, A. A. Stupina

ON CLASES OF FUNCTIONS WITH BINARY VARIABLES

The scheme proposed below is often used for solving problems and developing optimization algorithms. To solve a specific problem an efficient algorithm of optimization has been developed. The proposed algorithm combines several classes of problems by generelasing and determining a function class. For this reason establishing correlation among available classes of functions with binary variables in different experiments allows to apply even not perfect optimization algorithms.

In this paper we consider a question on correlation of the function classes based on the different approaches to classification itself. First approach offers classes of separable, modular and submodular function; second one offers function classes based on structural features of the set of binary variables: monotone, unmonotone and weakly unmonotone functions. It has been proven that separable functions are always unimodal and monotone ones. The results obtained in this study will allow to use a more efficient algorithm for optimization of separable and modular functions.

Keywords: pseudoboolean functions, optimization.

In scientific literature different classificiations for several types of pseudoboolean functions can be found. Authors in [1] introduced classification which separates pseudoboolean functions by the number of local minimums and by the characters of function meanings change (monotonecity). Several clases of pseudoboolean functions exist: unimodal and polymodal, monotone and unmonotone, separable, modular, sub- and supermodular and some others. For certain classes of pseudoboolean functions an efficient algorithms of optimization are already proposed. This is the case for a monotone and weakly unmonotone, both unimodal polymodal functions. That is why if we would be able to find in each correlation the different classes of functions, then it would be possible to use effectively a well-known algorithms in application to the other classes of functions.

In [2] the effectiveness of (1+1) evolutionary algorithm in the case of separable pseudoboolean functions is analized

$$f(x) = f(x_1, ..., x_n) = \sum_{1 \le i \le n} g_i(x_I),$$

where $f : \{0, 1\}^n \to R$.

The considered algorithm has shown a convergence by order $O(n \ln n)$. Such result is rather efficient.

A potential possibility of the optimization algorithm for the monotone unimodal pseudoboolean functions to the separable ones offered in [1]. Let us investigate in which correlation classes the separable, monotone and unmonotone pseudoboolean functions are. For subsequent analysys besides the introduced notions let us give a number of used notions here by Stupina [3].

Definition 1. The point set $P(X^0, X^l) = \{X^0, X^1, ..., X^i, ..., X^l\} \subset B_2^n$ we will call the way between the points X^0 and X^l if $\forall i = 1, ... l$ the point X^i is neighbor of X^{i-1}. The way $P(X^0, X^l)$ between the k-neigboring points we shall call the shortest way if $l = k$. The way of the largest decrease of the function f is denoted $P^j(X^0, X^l)$ where $\forall X^{i-1}, X^i \in P^j(X^0, X^l), i = 1, ..., l$

$$f(X^i) = \min_{X_j^1 \in O_2(X^{i-1})} f(X_j^1).$$

Definition 2. A point $X^* \in B_2^n$ for which $f(X^*) < f(X), \forall X \in O_1(X^*)$ is a local minimum of the function f and if the function has only one local minimum on B_2^n, than this function is an unimodale one.

Definition 3. An unimodale pseudoboolean function f is called monotone on B_2^n if $\forall X^k \in O_k(X^*)$, $k = 1, ..., n : f(X^{k-1}) \le f(X^k) \forall X^{k-1} \in O_{k-1}(X^*) \bigcap O_1(X^k)$ a n d strong monotone, if this condition is fulfilled with the sign of the strong unequality.

For optimization of unimodale pseudoboolean functions the algorithm proposed by Antamoshkin at al. [1] reguers $(n + 1)$ colculations of the objective function values for the exact location of the optimum.

Definition 4. An unimodale nonmonotone function f on B_2^n is called weakly unmonotone, if $\forall X^k \in O_k(X^*), k = 1, ..., n$ the point $X^1_{\min}$ such that:

$$f(X^1_{\min}) = \min_{X_j^1 \in O_1(X^k)} f(X_j^1),$$

belongs to $O_{k-1}(X^*)$.

The class of weakly unmonotone functions will be called *WU*.

In [1] the following theorem has been prooved.

Theorem 1. To define the minimum point X^* of the unimodal different meanings weakly unmonotone on B_2^n function f in average by the original point of search location expects to calculate the meanings of f in T points on B_2^n:

$$T = \frac{n^2 + 4}{2} - \frac{1}{2^n}.$$

Separable and Monotone Pseudoboolean Functions. Show that an arbitrary separable function is an unimodal function on B_2^n. We use the results of Droste at al. [2] showing that any separable function may be presented in the form

$$f(X) = \sum_{i=1}^{n} w_i x_i,$$

where $w_i \in R$ and $w_i > 0 \forall i = 1, ..., n$ (in the general case $q_i(x_i) = w_i x_i + x_i$ but since $x_i \in B_2^n$ the constant term has no influence on the optimixation process). Then, evidently, the function f has a minimum in the point (0, ..., 0). Supposing that f has another local minimum in a point $X^* \ne (0, ..., 0)$ and that this point $X^* \in O_k(0, ..., n)$ i. e. k componends of X^* are unit e. g. $i_1, ..., i_k$.

Hence

$$f(X^*) = \sum_{l=1}^{k} w_{i_l}.$$

Lemma 1.

$$\forall X \in \{0,1\}^n \wedge X^k \in O_k(X), k = 0, ..., n:$$

$$card\{O_1(X^k) \cap O_{k-1}(X)\} = k,$$

$$card\{O_1(X^k) \cap O_{k+1}(X)\} = n - k.$$

Then according to this Lemma k neighbouring to X^* points belong to $O_{k-1}(0, ..., 0)$, in particular, the point X' with the unit components $i_2, ..., i_k$. Now as we presupposed that X^* was a local minimum point we obtain:

$$f(X^*) < f(X') \Rightarrow \sum_{l=1}^{k} w_{i_l} < \sum_{l=2}^{k} w_{i_l}.$$

For the positive values for w_i it has no sense and therefore we can conclude that separable pseudoboolean functions here are unimodal functions.

Let us test the monotonicity condition fulfilment for a separable function.

An unimodal function f is called strictly monotone on $\{0,1\}^n$ if $\forall X^k \in O_k(X^*),\ k = 1, ..., n$:

$$f(X^{k-1}) < f(X^k) \forall X^{k-1} \in O_{k-1}(X^*) \cap O_1(X^k),$$

where X^* as before is the minimum point.

Let us take again an arbitrary point $X^k \in O_k(X^*)$. As we have already determined the minimum point of a separable function is the point (0, ..., 0). Then the point X^k has k unit components $i_1, ..., i_k$. Respectively, any point $X_{k-1} \in O_{k-1}(X^*) \cap O_1(X^k)$ will have $k-1$ unit components $i_1, ..., i_{j-1}, i_{j+1}, ..., i_k$, $j = 1, ..., k$ and as w_i are the positive inequality is always fulfilled

$$f(X^{k-1}) = \sum_{l=1}^{j-1} w_{i_l} + \sum_{l=j+1}^{k} w_{i_l} < f(X^k) = \sum_{l=1}^{k} w_{i_l}.$$

This means that any separable pseudoboolean function is a strictly monotone function.

Modular, submodular, monotone and weakly unmonotone pseudoboolean functions. In [3] the effectiveness of evolutionary algorithms on two classes of the pseudoboolean functions – modular and submodular is analized.

Definition 5. A pseudoboolean function is called modular (*MOD*), if

$$f(X \wedge Y) + f(X \vee Y) = f(X) + f(Y)$$

for all $X, Y \in B_2^n$.

Definition 6. A pseudoboolean function is called submodular (*SUB*) if

$$f(X \wedge Y) + f(X \vee Y) \le f(X) + f(Y)$$

for all $X, Y \in B_2^n$.

To solve optimization problems with an objectiv function, which belongs to the given class Individual Based Evolutionary Algorithms is proposed in [2]. One of the representatives of this class of algorithms is (1 + 1) evolutionary algorithm, which was mention above.

As for the modular functions in contrast to data in [3] there is a proof that only linealy pseudoboolean functions belongs to this class, but the linealy functions belong to the class of separable functions, i. e. they are unimodal and monotone. Consequently, it is possible to atribute all that we have shown above,it is also the spead of optimization algorithms convergence.

The condition from the definition 6 includes the equality from definition 5. It means that the class of submodular functions includes the class of modular functions. Consequently, the functions, which belong to the class $MOD \subset SUB$ are monotone unimodale.

Now we consider the submodular functions, which are not modular. i. e. the class of functions *SUB\MOD*. The notion of a weakly unmonotone function was introduce above.

We investigate the functions, which belongs to the class *SUB\MOD* with the purpose of their itersection with weakly unmonotone functions. In the case, if these functions intersect then following correlation possible.

Variants:

a) $SUB \setminus MOD \subset WU$,

b) $WU \subset SUB \setminus MOD$,

c) $WU \cap SUB \neq \varnothing$.

Let us show that the variant c) is fulfilled, i. e. classes *SUB\MOD* and *WU* are only intersected and no one of them include others.

For example take three pseudoboolean functions, which belong to each of 3 classes: $WU \setminus SUB, WU \cap SUB, SUB \setminus WU$.

1. $f_1(X) \in SUB \setminus WU$.

$f(0, 0, 0, 0) = 0; f(0, 0, 0, 1) = 8{,}5; f(0, 0, 1, 0) = 9; f(0, 1, 0, 0) = 9{,}5;$

$f(1, 0, 0, 0) = 10; f(0, 0, 1, 1) = 14; f(0, 1, 0, 1) = 15;$

$f(0, 1, 1, 0) = 16; f(1, 0, 0, 1) = 17; f(1, 0, 1, 0) = 18;$

$f(1, 1, 0, 0) = 19; f(0, 1, 1, 1) = 20; f(1, 0, 1, 1) = 22;$

$f(1, 1, 0, 1) = 23; f(1, 1, 1, 0) = 24; f(1, 1, 1, 1) = 25.$

This function is unimodal with an unique local minimum in the point $X^*(0, 0, 0, 0)$

$f_1(X^*) = 0$, in neighbouring to X^* points the function has meaning on the segment [8, 5; 10], i. e.

$$8{,}5 < f_1(X^1) < 10.\ 14 < f_1(X^2) < 19,\ 20 < f_1(X^3) < 24,$$
$$f_1(X^4) = f_1(1, 1, 1, 1) = 25.$$

We have $f_1(X^*) < f_1(X^1) < f_1(X^2) < f_1(X^3) < f_1(X^4)$.

So the function $f_1(X)$ answer the monotone condition, i. e. $f_1(X) \in SUB \setminus WU$.

2. $f_2(X) \in SUB \cap WU$.

$f(0, 0, 0, 0) = 0; f(0, 0, 0, 1) = 8{,}5; f(0, 0, 1, 0) = 9;$

$f(0, 1, 0, 0) = 9{,}5; f(1, 0, 0, 0) = 10; f(0, 0, 1, 1) = 14;$

$f(0, 1, 0, 1) = 15; f(0, 1, 1, 0) = 16; f(1, 0, 0, 1) = 17;$

$f(1, 0, 1, 0) = 18; f(1, 1, 0, 0) = 19; f(0, 1, 1, 1) = 20;$

$f(1, 0, 1, 1) = 22; f(1, 1, 0, 1) = 23;$

$f(1, 1, 1, 0) = 24; f(1, 1, 1, 1) = 21.$

$f(1, 1, 1, 1) = 21$ and in the other points the meanings of function are the same as in the previous case.

This function is unimodal one with the unique local minimum in the point $X^* = (0, 0, 0, 0)$.

In the point $X^4 = (1, 1, 1, 1)$ the monotone condition is broken, so that $f_2(1, 1, 1, 0), f_2(1, 1, 0, 1), f_2(1, 0, 1, 1)$ more than $f_2(X^4)$

But this function is weakly unmonotone, because for all points on B_2^n the monotone condition is fulfilled.

The condition (3) is fulfilled for any two meanings of the function $f_2(X)$ in the same way.

Consequntly, $f_2(X)$ is a submodular function.

3. $f_3(X) \in WU \setminus SUB$.

$f(0, 0, 0, 0) = 0; f(0, 0, 0, 1) = 8{,}5; f(0, 0, 1, 0) = 9;$

$f(0, 1, 0, 0) = 9{,}5; f(1, 0, 0, 0) = 10; f(0, 0, 1, 1) = 14;$

$f(0, 1, 0, 1) = 15; f(0, 1, 1, 0) = 19{,}5; f(1, 0, 0, 1) = 17;$

$f(1, 0, 1, 0) = 18; f(1, 1, 0, 0) = 19; f(0, 1, 1, 1) = 20;$

$f(1, 0, 1, 1) = 22; f(1, 1, 0, 1) = 23;$

$f(1, 1, 1, 0) = 24; f(1, 1, 1, 1) = 21.$

$f(0, 1, 1, 0) = 19{,}5$ and in the other points the meanings of function are the same as in the first case.

For this function:

– the unimodale condition is fulfilled, so the point $X^* = (0, 0, 0, 0)$ is an unique point of the local minimum;

– the weakly unmonotone condition is fulfilled. For any point $X \in O_k(X^*), k = 1, ..., n$ the point $X^1_{\min} \in O_k(X^*) \bigcap O_1(X_k)$ is so that $f(X^1_{\min}) = \min_{X^1_j \in O_1(X^k)} f(X^1_j)$.

For the points 0100 and 0010 the condition (3) is not fulfilled (the function is not submodular one).

Consequently $f_3(X) \in WU \setminus SUB$.

We have obtained following results.

The set of separable functions belongs to the set of monotone unimodal functions. Our results confirm that we can apply the algorithm of bounding search for the separable functions. This algorithm was propose in [1] for monotone unimodale functions. The main merit of this algorithm is of its high efficiency (in comparison with other available algorithms). It is equal to $n + 1$ calculations of the meaning of an objective function, where n is demention of the optimaizing pseudoboolean function. For example, an evolutionary algorithm in application to the separable functions converge for $n \cdot \ln n$ steps, that considerably more then results, which were obtained by the bounding algorithm.

It has turned out that modular functions are also belonging to the class of monotone unimodale functions and, therefore, all conclusions, which we made for the separable functions, are also fulfilled for the modular functions.

Submodular functions were only intersected with each of classes, which were described above, and do not belong to these clases. Also none of this classes belongs to the class of submodular functions.

The results obtained in this study are looking very promising as they allow to get a considerable gain when applying already known algorithms to the local search or bounding methods of pseudoboolean functions optimization. They also allow (when informations about properties of separable pseudoboolean functions available) to construct new and more qualitative procedures for this class of functions optimization.

Bibliography

1. Antamoshkin, A. N. Optimization of unimodal pseudoboolean functions / A. N. Antamoshkin, V. Saraev, E. S. Semenkin // Kybernetika. 1990. Vol. 26, № 5. P. 432–442.

2. Droste, S. A rigorius complexity analysis of the (1+1) evolutionary algorithm for separable functions with boolean inputs / S. Droste, T. Jansen, I. Wegener. Technical Report. № CI-6/1997 ; University of Dortmund, 1997.

3. Stupina, A. Optimization of separable pseudoboolean functions / A. Stupina // Lehtstuhl fuer Sistemanalyse. Jahresbericht 1998/1999 / ed. by Prof. Dr.-Ing. H.-P. Schwefel, Prof. Dr. W. Banzhaf ; Universitaet Dortmund. Dortmund, 1999. P. 29–40.

А. Н. Антамошкин, А. А. Ступина

О КЛАССАХ ФУНКЦИЙ С БИНАРНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

Предлагаемая схема исторически используется для решения задач и разработки алгоритмов оптимизации. Для решения реальной задачи разработан достаточно эффективный алгоритм оптимизации. Рассматриваемый алгоритм объединяет в себе несколько классов задач, обобщая классы функций. Вследствие этого, определение корреляции уже представленных классов функций с бинарными переменными при помощи различных исследований позволяет применять даже не усовершенствованные алгоритмы оптимизации. Рассматривается вопрос о корреляции классов функций при различных подходах классификации. Первый подход включает классы сепарабельных, модулярных и субмодулярных функций, второй – классы функций, которые основываются на структурных свойствах множества бинарных переменных: монотонные, немонотонные и слабо немонотонные функции. На практике доказано, что сепарабельные функции унимодальные и монотонные. Полученные результаты позволяют использовать для оптимизации сепарабельных и модулярных функций более эффективные алгоритмы по сравнению с ранее используемыми.

Ключевые слова: псевдобулевые функции, оптимизация.

УДК 004.414.38

А. И. Легалов, Д. Н. Ледяев, А. В. Анкудинов

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Существующие программные средства поддержки многокритериального анализа не ориентированы на конечного пользователя или являются узкоспециализированными решениями. Предлагается среда инструментальной поддержки, которая позволит повысить эффективность решения задач многокритериального анализа на уровне пользователей-прикладников, независимо от предметной области.

Ключевые слова: инструментальные средства, принятие решений, многокритериальный анализ.

В различных прикладных областях проводится разработка и проектирование сложных технических систем, характеризующихся многоуровневой структурой и множеством альтернативных вариантов реализации отдельных подсистем. В результате, процесс проектирования усложняется существованием большого количества конфигураций, из которых необходимо сделать выбор. Лицо, принимающее решение (ЛПР), сталкивается со сложной системой взаимозависимых компонентов (ресурсы, желаемые исходы и цели, лица и группы лиц и т. д.), которую нужно проанализировать. Причем чем глубже он вникает в проблему, тем лучше будут его прогнозы или принимаемые решения [1]. Принятие решения становится сложной задачей, успешность разрешения которой непосредственно определяет эффективность реализуемых прикладных проектов.

Процесс выбора конфигурации технической системы является непростой задачей, а само решение неочевидным из-за схожести параметров альтернативных вариантов и наличия множества противоречивых критериев, не поддающихся ручному анализу. Для получения сопоставляемых критериев приходится проводить расчеты по сложным формулам, учитывающим характеристики подсистем различного уровня, в результате чего формируется задача многокритериального анализа [2].

Многокритериальный анализ больших и сложных систем требует обработки большого количества данных, что является чрезмерно ресурсоемким процессом. В основном это обусловлено размерами структуры разрабатываемой системы, в которой каждая подсистема представлена собственным набором альтернативных вариантов, параметров и критериев их оценки. Ручной анализ всех существующих вариантов конфигурации становится малоэффективным решением.

Обзор существующих систем анализа и принятия решений. В настоящее время решение задачи многокритериального анализа поддерживается инструментальными средствами, которые условно могут быть разделены на три группы:

– специализированные системы, обеспечивающие поддержку процесса принятия решений при разработке конкретных технических систем;

– универсальные пакеты и инструменты, предназначенные для анализа разнообразных моделей и систем, содержащие также средства для многокритериального анализа;

– проблемно-ориентированные системы анализа и принятия решений.

Специализированные системы, обеспечивающие поддержку процесса принятия решений при разработке конкретных технических систем – это программные средства, ориентированные на поддержку многокритериального анализа в строго заданных условиях. Их главными недостатками является невозможность настройки на изменяемые условия задачи и прикладной области; также при работе со сложными техническими системами может сформироваться ситуация, в которой отдельные элементы разработанного программного обеспечения будут дублировать функции друг друга. Положительное свойство заключается в том, что такая система эффективна на ранней стадии создания инструмента и выступает прототипом для разработки более универсального средства, ориентированного на группу схожих задач и обладающего механизмами настройки под прикладную область.

Примером может служить «Система поддержки принятия решений для страхования» [3], разработанная для решения задачи оценки риска страхуемого объекта. Это информационная система, состоящая из ядра и ряда элементов, присоединяемых к нему «интеграционной шиной». Ядром является хранилище данных, к которому подключаются терминалы администратора системы и пользователей. Архитектура среды жестко ориентирована на решаемую задачу, что не позволяет эффективно использовать ее в иных областях.

Универсальные пакеты и инструменты, предназначенные для анализа разнообразных моделей и систем, содержащие также средства для многокритериального анализа представляют собой программные средства, разработанные для реализации математических расчетов и моделирования в процессе решения технических задач. Архитектура инструментов этой группы основана на многофункциональном внутреннем языке с набором базовых конструкций, предназначенных для решения типовых задач, и мощные средства их синтеза в единую структуру. Положительным качеством этих средств является возможность создания на их базе систем, настраиваемых под условия решаемой задачи и особенности прикладной области. Главным недостаток заключается в ориентированности интерфейса на пользователей-математиков и, как следствие, невозможности эффективного применения пользователями-прикладниками. В итоге это приводит к необходимости привлечения специалистов, не связанных непосредственно с производственным процессом, и трате дополнительных ресурсов.

Широкое распространение получили такие программные пакеты, как MatLab [4], MatCad [5], Mathematica [6], Statistica [7] и др. В общем виде эти пакеты представляют собой совокупность инструментальных средств поддержки вычислений, ориентируясь на определенную специфику математических расчетов. Все они характеризуются сложным внутренним языком, рассчитанным на квалифицированного специалиста. Пользователи, не обладающие достаточным знанием математики и интегрированного языка, не могут эффективно работать с ними. Это универсальные среды, но рассчитаны они на узкую группу специалистов.

В группу проблемно-ориентированных систем анализа и принятия решений включены инструментальные средства, разработанные для поддержки решения класса задач, порождаемых некоторой проблемой или совокупностью проблем. Инструменты этой группы характеризуются такими положительными чертами, как гибкая архитектура, модульность реализации, возможность подстройки под индивидуальные особенности решаемой задачи и ориентированный на конечного пользователя интерфейс. При этом они имеют один большой минус: это так называемые «тяжелые» программные продукты, которые требуют затрат значительного количества ресурсов на разработку и последующее сопровождение. Их использование только для поддержки многокритериального анализа не является целесообразным по причине чрезмерной ресурсоемкости.

Примером может служить аналитический комплекс «Прогноз» [8]. Это интегрированная платформа для создания информационно-аналитических систем. Комплекс объединяет современные технологии хранилищ данных, оперативного анализа данных (OLAP), средства имитационного и эконометрического моделирования, плюс возможности WEB-доступа и COM-интерфейса. «Прогноз» – это инструментальная среда со встроенным объектно-ориентированным языком программирования, которая предоставляет набор средств для разработки и синтеза конечных систем поддержки принятия решения.

Приведенный обзор решений, используемых для поддержки многокритериального анализа, показывает, что наиболее полно на пользователя-прикладника и особенности решаемой задачи ориентирована группа специализированных систем. Однако разработка подобных средств для решения разных прикладных задач может оказаться весьма трудоемким и затратным процессом. Применение инструментов из группы универсальных пакетов требует наличия у пользователя специальных знаний, что ведет к дополнительным трудностям по освоению инструментов или привлечению специалистов. Проблемно-ориентированные системы анализа и принятия решений также не могут быть эффективно использованы для многокритериального анализа по причине их чрезмерной ресурсоемкости.

В итоге можно сделать вывод, что ни одно из существующих инструментальных средств не может быть одинаково эффективно использовано для поддержки решения задачи многокритериального анализа при разработке технических систем в различных прикладных областях. Выходом из этого положения является создание проблемно-ориентированного инструментального средства, реализующего необходимые методы анализа данных и имеющего оболочку, обеспечивающую настройку на требуемую предметную область и задачу.

Поддержка многокритериального анализа при разработке сложных технических систем. Разработка сложной технической системы строится на базе анализа различных вариантов конфигурации, количество которых определяется структурой разрабатываемой системы и числом альтернативных вариантов ее подсистем. Существуют различные методики, позволяющие принять окончательное решение, но в наиболее сложных случаях приходится использовать методы многокритериального анализа [2].

При таком подходе разрабатываемая техническая система рассматривается как объект с иерархической структурой формирующих его элементов, связанных отношением состава (рис. 1). Иерархия в данном случае есть определенный тип системы, основанный на предположении, что элементы системы могут группироваться в несвязанные множества. Элементы каждой группы находятся под влиянием элементов некоторой вполне определенной группы и, в свою очередь, оказывают влияние на элементы другой группы [1].

В результате формируется комплексная задача многокритериального анализа со сложной иерархической структурой подзадач, суть которой в том, что ЛПР необходимо выбрать конфигурацию технической системы из

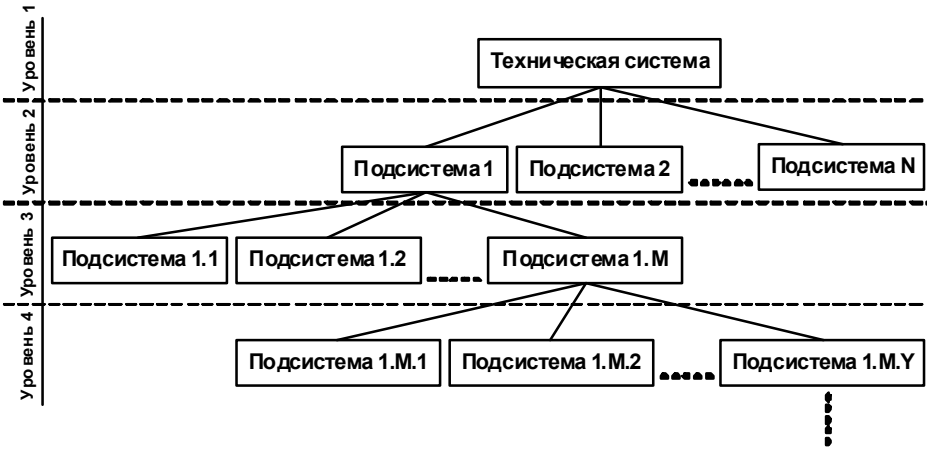


Рис. 1. Общий вид структуры технической системы

множества доступных вариантов. Результатом решения является конфигурация с однозначно определенными элементами или группа конфигураций, в которой общее количество альтернативных вариантов позволяет ЛПР принять окончательное решение без использования специальных методик и подходов.

Глобальная задача делится на множество подзадач, в каждой из которых рассматривается только один типовой анализ (рис. 2). Его суть состоит в сравнении некоторого множества альтернативных вариантов отдельной подсистемы разрабатываемой системы по группе критериев с последующим формированием их весов и синтезе рекомендаций о наилучшей альтернативе или группе альтернатив. В итоге сложная комплексная задача разбивается на группу типовых задач многокритериального анализа, решаемых независимо.

Для решения комплексной задачи многокритериального анализа предлагается среда инструментальной поддержки, которая:

– является настраиваемым инструментом, одинаково эффективно используемым в различных прикладных областях;

– обладает гибкой архитектурой, позволяющей адаптировать отдельные подсистемы под прикладную область и требования пользователя;

– имеет интерфейс, ориентированный на конечного пользователя-прикладника.

Архитектура среды инструментальной поддержки. Концептуально среда формируется из трех основных уровней (рис. 3). Ядро представляет собой совокупность программных реализаций методов поддержки многокритериального анализа, реализованных в виде программных модулей. Главная функция – реализация технических расчетов и вычислений в процессе решения задачи многокритериального анализа. Ядро состоит из двух основных элементов (рис. 4): интерфейса подключения программных модулей и подсистемы программных модулей.

Назначением интерфейса является организация интеграции в ядро инструментов, реализующих алгоритмы и методы поддержки многокритериального анализа, и обеспечение взаимодействия уже подключенных модулей с уровнем работы пользователя. Подсистема программных модулей представляет собой общую совокупность подключенных к ядру инструментов. Ее назначением является непосредственное проведение технических расчетов в соответствии с реализованными алгоритмами. Состав инструментов, представленных в этой подсистеме, варьируется в зависимости от условий решаемой задачи многокритериального анализа, а также особенностей прикладной области.

Основная функция уровня работы пользователя – организация эффективной работы пользователя в среде инструментальной поддержки. Этот уровень состоит из четырех основных элементов (рис. 5): подсистемы формирования модели прикладной области; подсистемы инструментария поддержки многокритериального ана-

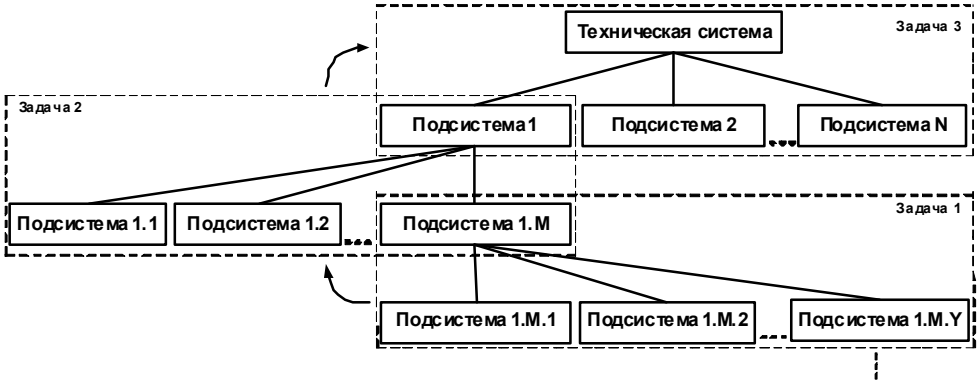


Рис. 2. Общий вид комплексной задачи многокритериального анализа

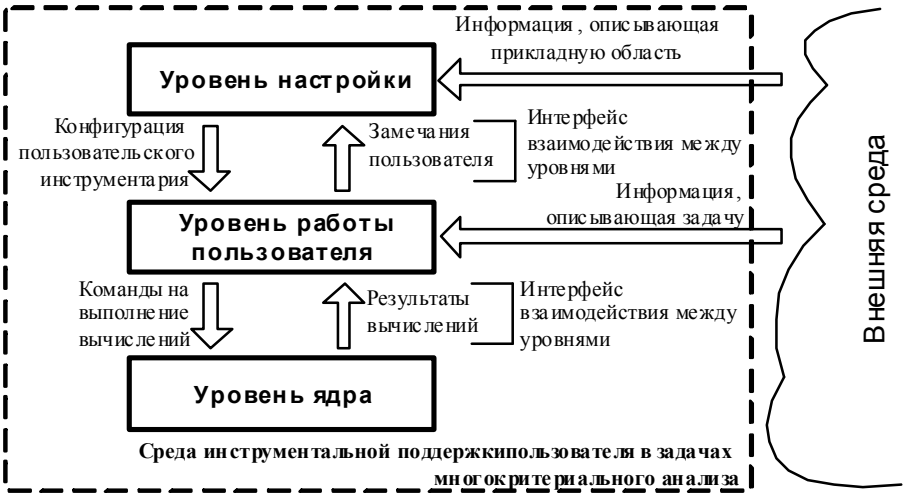


Рис. 3. Общая архитектура среды инструментальной поддержки

лиза; подсистемы формирования замечаний по настройке; подсистема внешнего взаимодействия.

Назначением подсистемы формирования модели прикладной области является организация доступа пользователя к модели прикладного объекта, сформированной администратором на этапе настройки среды, и расширение ее до модели прикладной области за счет добавления альтернатив и выбора критериев их оценки. Пользователю предоставляется модель состава прикладного объекта с заданными свойствами каждого подобъекта и группой критериев оценки альтернатив. В рамках модели он добавляет к подобъектам их альтернативные варианты и критерии оценки, которые будут использованы в технических расчетах.

Назначением подсистемы инструментария поддержки многокритериального анализа является организация доступа пользователя к инструментам, реализованным в ядре. Пользователь выбирает средства, которые будут использованы в процессе технических расчетов, и отдает им команды, инициирующие работу. Каждая команда содержит инструмент-адресат; набор необходимых для его корректной работы параметров; подобъект прикладного объекта, для которого решается задача многокритериального анализа; множество альтернативных вариантов и критерии их оценки.

Подсистема формирования замечаний по настройке организует взаимодействие пользователя и администратора с целью обеспечения максимально эффективной настройки среды под задачу и предметную область. В процессе работы пользователь может сформировать рекомендации и замечания, которые будут переданы на уровень настройки.

Подсистема внешнего взаимодействия представляет собой интерфейс пользовательской части. Ее назначение – организация доступа пользователя к инструментам ядра. В общем виде интерфейс реализует два основных потока данных – в среду и из среды. При этом реализуется две методики организации потоков: непосред-

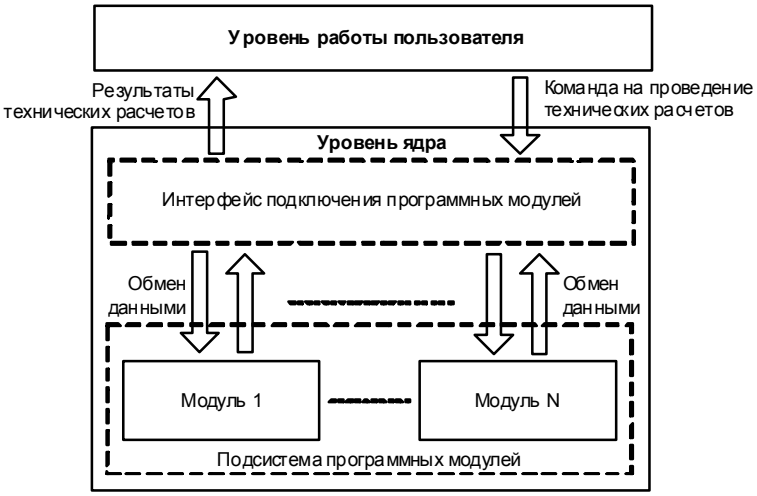


Рис. 4. Структура уровня ядра

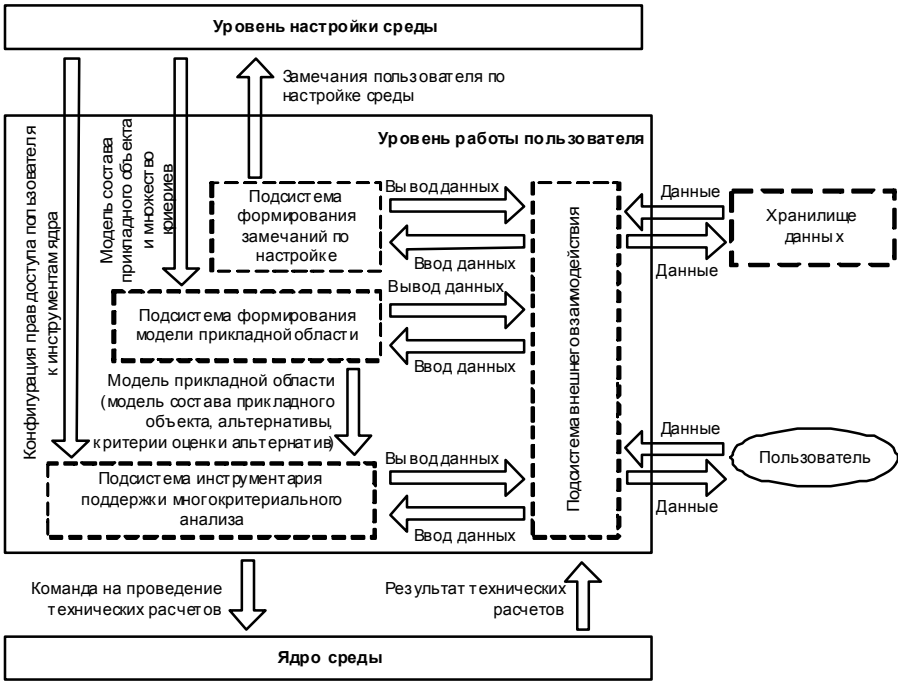


Рис. 5. Структура уровня работы пользователя

ственно и опосредованно. При непосредственном подходе строится два постоянных информационных канала (в среду и из среды), по которым передаются данные по мере появления. Это позволяет пользователю работать со средой в режиме реального времени. В опосредованном подходе создается временный канал для загрузки/выгрузки некоторого объема подготовленной информации.

Основная функция уровня настройки – настройка среды инструментальной поддержки под условия решаемой задачи многокритериального анализа и особенности прикладной области; состоит из трех основных элементов (рис. 6): подсистемы конфигурирования модели прикладного объекта; подсистемы конфигурирования технических средств; подсистемы внешнего взаимодействия.

Назначением подсистемы конфигурирования модели прикладного объекта является формирование модели для дальнейшего использования на уровне работы пользователя. Администратор строит двухуровневую модель состава прикладного объекта и формирует множество критериев оценки альтернатив. На основании построенной модели администратор задает свойства подобъектов прикладного объекта. Причем на этапе настройки задаются только их названия, тем самым определяя формат, в соответствии с которым пользователь должен вводить альтернативны.

Также в рамках этой подсистемы администратор среды формирует множество критериев оценки альтернатив. В общем виде критерий представляет собой правило, в соответствии с которым оценивается конфигурация прикладного объекта. В процессе решения задачи многокритериального анализа критерии используются для оценки альтернативных конфигураций и последующего выбора единственного варианта или сужения до незначительного множества. В данном случае критерий задается некоторой математической функцией $f = \{(x_1, x_2, ..., x_n, y)\}$, которая позволяет получить численную оценку одного или более подобъектов в контексте определенной конфигурации.

С позиции взаимоотношений элементов прикладного объекта критерий задает определенный вид связи одного или более подобъектов с объектом, который они формируют. Выделяется четыре основных вида критериев:

– объекту привязывается одно свойство одного подобъекта;

– объекту привязывается несколько свойств одного подобъекта;

– объекту привязывается по одному свойству от нескольких подобъектов;

– объекту одновременно может быть привязано одно свойство одного подобъекта объекта и несколько свойств другого подобъекта.

Назначением подсистемы конфигурирования технических средств является регулирование доступа пользователя к инструментам поддержки многокритериального анализа, реализованным на уровне ядра среды. Администратор определяет, какие инструменты будут доступны пользователю в процессе решения задачи.

Подсистема внешнего взаимодействия предназначена для предоставления администратору доступа к инструментам настройки среды для организации ее эффективной адаптации под условия решаемой задачи и особенности прикладной области. По аналогии с уровнем работы пользователя, интерфейс реализует два основных потока данных (в среду и из среды) на двух методиках (непосредственно и опосредованно).

Таким образом, в работе предложена общая архитектура среды инструментальной поддержки многокритериального анализа. Трехуровневая организация системы обеспечивает настройку на особенности решаемой задачи и специфику прикладной области. Процесс настройки остается прозрачным для конечного пользователя и не требует от него наличия специальных знаний, выходящих за пределы предметной области. Особая конструкция ядра среды позволяет регулировать инструменты, доступные пользователю, путем добавления или удаления соответствующих программных модулей.

Применение представленной среды позволит повысить эффективность решения задач многокритериального анализа на уровне пользователей-прикладников, независимо от предметной области. В завершение стоит отметить, что в настоящее время в соответствии с разработанной архитектурой создан прототип программной системы для поддержки многокритериального анализа при проектировании космических аппаратов.

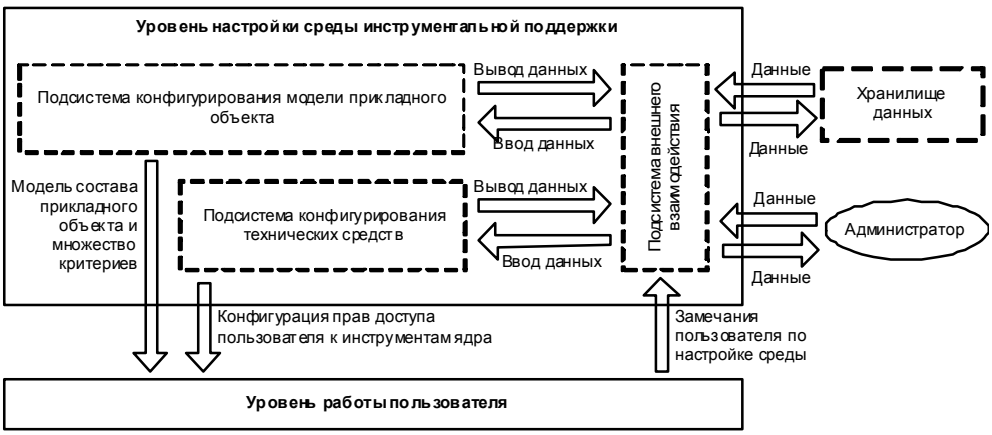


Рис. 6. Структура уровня настройки

Библиографический список

1. Саати, Т. Л. Принятие решений : перевод с англ. / Т. Л. Саати. М. : Радио и связь, 1993.

2. Горский, П. Введение в дисциплину «Поддержка принятия решений» [Электронный ресурс] / П. Горский. Электрон. дан. Режим доступа : http://www.cfin.ru/management/ decision_science.shtml? printversion. Загл. с экрана.

3. Шахраманьян, А. М. Система поддержки принятия решений для страхования [Электронный ресурс] / А. М. Шахраманьян, Э. Э. Мамедов. Электрон. дан. Режим доступа : http://www.dataplus.ru/arcrev/number_40/14_strah.html. Загл. с экрана.

4. Веремей, Е. И. Система MATLAB в учебном процессе для специалистов по теории управления и информационным технологиям [Электронный ресурс] / Е. И. Веремей. Электрон. дан. Режим доступ: http://2005.edu-it.ru/docs/4/4-07.Veremej.doc. Загл. с экрана.

5. Шушкевич, Г. Ч. Введение в MathCAD 2000 : учеб. пособие / Г. Ч. Шушкевич, С. В. Шушкевич. Гродно : ГрГУ, 2001.

6. Большакова, И. В. Экономико-математические расчеты в системе MATHEMATICA : учеб. пособие для студентов экон. фак. БГУ / И. В. Большакова, В. С. Мастяница ; под общ. ред. М. М. Ковалева. Мн. : БГУ, 2005.

7. Лазарева, Т. Я. Введение в систему STATISTICA : метод. указ. / Т. Я. Лазарева, Р. Н. Абалуев. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002.

8. Аналитический комплекс «Прогноз» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.prognoz.ru/ru/products_akprognoz.php. Загл. с экрана.

A. I. Legalov, D. N. Ledyaev, A. V. Ankudinov

INSTRUMENTAL SUPPORT OF MULTICRITERION ANALYSIS IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEM DEVELOPMENT

Nowadays program tools for multicriterion analysis are not adapted for an end-user or they are highly tailored information systems. The environment that can increase effectiveness of analysis multicriterion task solving at user level and independently of application area is proposed.

Keywords: software tools, decision accepting, multicriterion analysis.

УДК 681.332.531 / 519.676

Е. И. Алгазин, Е. Г. Касаткина, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ, ОСНОВАННОЙ НА КОГЕРЕНТНОМ ПРИЕМЕ И ПРИ НАЛИЧИИ СЛАБЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ

Рассматривается инвариантная система обработки информации, основанная на выделении прямоугольной огибающей при помощи синхронного детектора. Рассчитываются показатели помехоустойчивости такой системы. При этом полагается, что ближайшие отсчеты прямоугольной огибающей зашумлены аддитивной помехой, отсчеты которой слабо коррелированны между собой. Произведено сравнение количественных оценок работы такой системы с количественными показателями известной инвариантной системы при некоррелированности отсчетов шума.

Ключевые слова: помехоустойчивость, инвариант, инвариантная относительная амплитудная модуляция, вероятность попарного перехода, отношение «сигнал/шум», коэффициент корреляции.

Инвариантные системы передачи информации могут базироваться на разных способах обработки информации, основанных на принципе относительной амплитудной модуляции. Этот принцип предполагает снижать действие мультипликативной помехи путем применения алгоритма частного информационного параметра к обучающему [1].

Авторами рассмотрены ранее четыре способа обработки сигналов с помощью инвариантной относительной амплитудной модуляции и различной коррелированности отсчетов шума.

В работе [1] рассмотрена инвариантная относительная модуляция (ИОАМ) при идеальных условиях. В работе [2] рассмотрена инвариантная некогерентная система обработки информации. В работе [3] рассмотрены качественные характеристики ИОАМ при наличии помехи в генераторе. В работе [4] получены качественные характеристики ИОАМ в случае слабой коррелированности соседних отсчетов информационного и обучающего сигналов.

Постановка задачи. Имеем канал связи, ограниченный частотами $f_н$ и $f_в$. Состояние канала связи определяет-

ся интервалом стационарности, внутри которого действие мультипликативной помехи описывается постоянством коэффициента передачи сигнала $k(t)$ на определенной частоте.

Мультипликативная помеха одинаково искажает информационные и обучающие части блока передаваемых сигналов. Однако отношение энергии информационного сигнала к энергии обучающего сигнала являются постоянными на интервале стационарности.

Помимо этого каждый передаваемый блок подвергается действию аддитивной помехи.

В данном исследовании предполагается, что ближайшие отсчеты аддитивной помехи слабо коррелированны между собой.

Необходимо произвести расчет вероятности попарного перехода инвариантов в рассматриваемой системе. Для этого необходимо найти аналитическое выражение плотности вероятности оценки инварианта.

Данная работа завершает исследование поведения ИОАМ при слабой коррелированности отсчетов информационного и обучающего сигналов.

Решение поставленной задачи. Структура приемной части инвариантной относительной амплитудной модуляции представлена на рис. 1. Такая структура содержит синхронный детектор (умножитель, ФАПЧ и ФНЧ) и спецвычислитель.

На передающей стороне модулирующий параметр включен в отношение энергии информационного сигнала к энергии обучающего сигнала.

В силу того, что мультипликативная помеха одинаково воздействует на обе части каждого передаваемого блока, то алгоритм демодуляции сигналов приема, с учетом выбранного способа обработки сигналов, будет заключаться в вычислении оценки инварианта, описываемой следующим выражением:

$$\mathrm{INV}_L^* = \frac{\sum_{i=1}^{N}(k\cdot \mathrm{INV}_l + \xi(i))}{\frac{1}{L}\sum_{j=1}^{N}\sum_{m=1}^{L}(k\cdot S_{\text{ОБ}} + \eta(m,j))}\cdot S_{\text{ОБ}}. \qquad (1)$$

В числителе выражения (1) представлена сумма N мгновенных отсчетов сигнала информационной посылки. Информационный сигнал образован прямоугольной огибающей с амплитудой $k\cdot \mathrm{INV}_l + \xi(i)$, где $\xi(i)$ – отсчеты аддитивной помехи, распределенные по нормальному закону [5].

В знаменателе формулы (1) представлена сумма N мгновенных отсчетов сигнала обучающей посылки, образованного прямоугольной огибающей $k\cdot S_{\text{ОБ}} + \eta(m,j)$, где $\eta(m,j)$ – помеха в m-й реализации обучающего сигнала, распределенная по нормальному закону [6].

Без ограничения общности полагаем, что $S_{\text{ОБ}} = 1$. Если $S_{\text{ОБ}} \neq 1$, то все исходные параметры, а именно INV_l и σ_ξ (среднеквадратичное отклонение помехи $\xi(i)$, $\eta(m,j)$) можно масштабировать на величину $S_{\text{ОБ}}$. Тогда формула (1) с учетом введенных ограничений перепишется в виде

$$\mathrm{INV}_L^* = \frac{\sum_{i=1}^{N}(k\cdot \mathrm{INV}_l + \xi(i))}{\frac{1}{L}\sum_{j=1}^{N}\sum_{m=1}^{L}(k\cdot S_{\text{ОБ}} + \eta(m,j))} = \frac{A}{B}, \qquad (2)$$

где $k\cdot \mathrm{INV}_l$ – мгновенный отсчет сигнала информационной части посылки, поступающей из канала; $\xi(i)$ – i-е мгновенное значение помехи в информационном сигнале; k – коэффициент передачи канала; $\eta(m,j)$ – j-е мгновенное значение в m-й реализации обучающего сигнала.

Будем полагать, что случайные величины $\xi(i)$ и $\eta(m,j)$ одинаково распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_ξ^2. Кроме этого, предполагается, что в каждом блоке зависимы только соседние случайные величины. Тогда

$$\mathrm{CORR}(\xi(i), \xi(i-1)) = \mathrm{CORR}(\eta(m,j), \eta(m,j-1)) = R,$$

где R – коэффициент корреляции.

Все остальные случайные величины, входящие в каждый принимаемый блок, будут независимыми. Для реализаций этой модели необходимо, чтобы [5]

$$|R| \le 1/\sqrt{2}.$$

Воспользуемся известным подходом оценки вероятности попарного перехода, описанным, формулой полной вероятности

$$P_{\text{пер}} = P_1\int_0^{Zp} w_i(z)dz + P_i\int_{Zp}^{\infty} w_1(z)dz, \qquad (3)$$

где $P_{\text{пер}}$ – вероятность перехода INV_1 в INV_i и наборот; P_1 – вероятность появления INV_1; P_i – вероятность появления INV_i. Первый интеграл – вероятность появления INV_i, когда послан INV_1. Второй интеграл – вероятность появления INV_1, когда послан INV_i; Zp – пороговое значение, необходимое для вычисления $P_{\text{пер}}$; при известных P_1 и P_i оно определяется с помощью полученной байесовской оценки путем минимизации $P_{\text{пер}}$ по Zp. При неизвестных P_1 и P_i выбираем $P_1 = P_i = 0{,}5$.

Из анализа (3) видно, что для вычисления $P_{\text{пер}}$ необходимо знать аналитические выражения $W_1(z)$ и $W_i(z)$ плотности вероятности оценки инварианта.

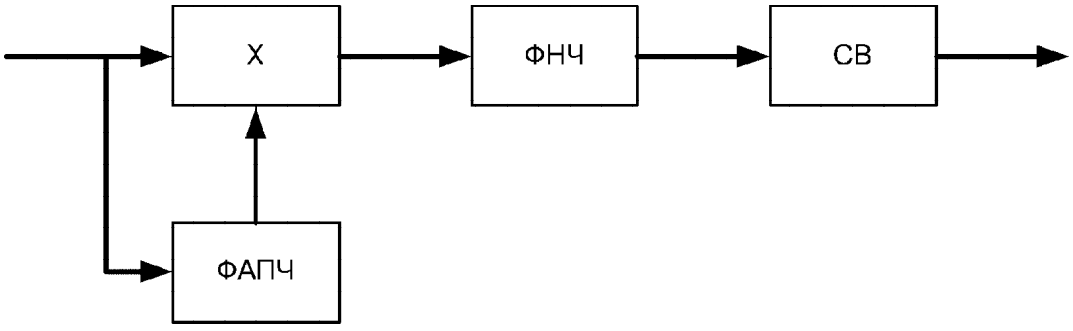


Рис. 1. Структурная схема инвариантной системы передачи информации: ФАПЧ – устройство фазовой автоподстройки частоты; ФНЧ – фильтр нижних частот; СВ – спецвычислитель

На основании выражения (2) вычислим математическое ожидание и дисперсию случайных величин A и B.

Математическое ожидание числителя будет равно [7]

$$m_A = N \cdot k \cdot \mathrm{INV}_1. \quad (4)$$

Математическое ожидание знаменателя будет равно [7]

$$m_B = N \cdot k. \quad (5)$$

Дисперсия числителя будет равна [7]

$$\sigma_A^2 = D(\sum_{i=1}^{N} \xi(i)) = N \cdot \sigma_\xi^2 + 2(N-1)\mathrm{cov}(\xi(i), \xi(i+1)) =$$

$$= N \cdot \sigma_\xi^2 + 2(N-1)R \cdot \sigma_\xi^2 = \sigma_\xi^2 (N + 2(N-1)R). \quad (6)$$

Дисперсия знаменателя будет равна [7]:

$$\sigma_\mathrm{B}^2 = \frac{1}{L}\sigma_\xi^2 (N + 2(N-1)R). \quad (7)$$

Расчет частного двух случайных величин производится по следующей формуле [7]

$$W(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi\sigma_A\sigma_B} e^{-\frac{(zx-m_A)^2}{2\sigma_A^2}} \cdot e^{-\frac{(x-m_B)^2}{2\sigma_B^2}} |x| dx, \quad (8)$$

где y_A и y_B определяются выражениями (6) и (7); m_A и m_B определяются выражениями (4), (5).

Следует отметить, что в формуле (3) при расчете $W_1(z)$ используется INV_1 и при расчете $W_i(z) - \mathrm{INV}_i$, где $i = 2, 3, 4, 5, 6, 7$. Значение вероятности попарного перехода $P_{\text{пер}}$ находилось методом численного интегрирования. Число накоплений с усреднениями равно 40 [1].

Полученные данные ограничены первыми шестью парами сравниваемых инвариантов, когда $\mathrm{INV}_1 = 1$, $\mathrm{INV}_i = 2, 3, 4, 5, 6, 7$.

Вероятность попарного перехода вычисляется при значениях h – отношения «сигнал/шум», которое находилось по формуле, определяемой отношением мощности сигнала и мощности шума [6]

$$h^2 = \frac{k^2 \mathrm{INV}_l^2}{N\sigma_\xi^2}.$$

Пороговые значения Z_p отыскивались минимизацией $P_{\text{пер}}$ в формуле (3).

Результаты расчетов для различных значений коэффициента передачи канала k, коэффициента корреляции R и величины $\mathrm{INV}_l = 1$; $\mathrm{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$ сведены в табл. 1, 2.

Если в формулах (6) и (7) положить $R = 0$ (отсчеты шума некоррелированы), то общее выражение плотности вероятности оценки инварианта, полученное в данной работе, переходит в соотношение по расчету аналогичного параметра, полученного авторами ранее при действии некоррелированных отсчетов белого шума [1]. Однако полученное выражение плотности в данной работе является уточняющим и наиболее полно отражает реальную ситуацию.

Особенностью любой инвариантной системы, основанной на принципе инвариантной относительной амплитудной модуляции является то, что по каналу передаются амплитудно-модулированные сигналы, образованные INV_l и $S_{\text{ОБ}}$.

Передача этих сигналов обеспечивается на основе классических алгоритмов обработки информации и имеет невысокую помехоустойчивость.

Кривая 3 на рис. 2 и рис. 3 соответствует вероятности ошибки $P_{\text{ош}}$, является аналогом вероятности попарного переход $P_{\text{пер}}$ и рассчитывается по известным формулам [5] и только после обработки этих сигналов в соответствии с алгоритмом частного по выражению (1), получаем оценку инварианта, по сути являющуюся числом, а не сигналом.

Как видно, вероятность попарного перехода в инвариантной системе определяется величинами (10^{-1}…10^{-33}) (рис. 2, 3). При тех же значениях «сигнал/шум» вероятность ошибочного приема единичного символа в классических системах лежит в пределах (10^{-1}…10^{-7}).

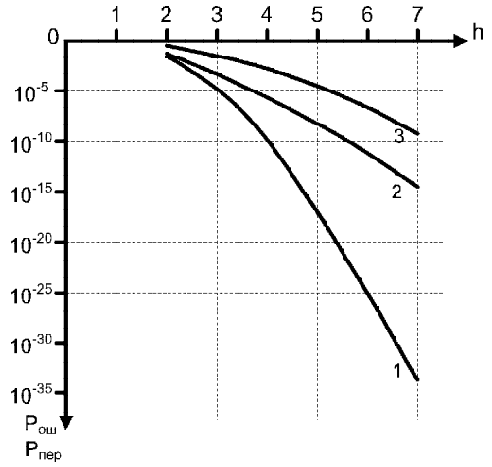


Рис. 2. Помехоустойчивость ИОАМ при $k = 1$ и $\mathrm{INV}_1 = 1$; $\mathrm{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$: кривая 1 – вероятность попарного перехода в ИОАМ при некоррелированности отсчетов шума (теоретический предел); кривая 2 – вероятность попарного перехода ИОАМ при R = 0,7; кривая 3 – вероятность ошибки классической АМ

Проведенный анализ инвариантной системы показывает, что инвариантная система передачи информации при слабой корреляции отсчетов аддитивной помехи обладает высокой помехоустойчивостью. Вероятность ошибки классического алгоритма с амплитудной модуляцией как минимум на два порядка больше вероятности попарного перехода в инвариантной системе. Поэтому данную систему следует использовать в телекоммуникационных системах, системах телеуправления и других

Таблица 1

Значения Z_p при заданных K, R

$K = 1$				$R = 0{,}7$		
Z_p	1,627	2,057	2,488	3,062	3,516	4,162

Таблица 2

Значения Z_p при заданных K, R

$K = 0{,}7$				$R = 0{,}7$		
Z_p	1,820	2,226	2,632	3,038	3,646	4,078

системах, предъявляющих высокие требования к помехоустойчивости.

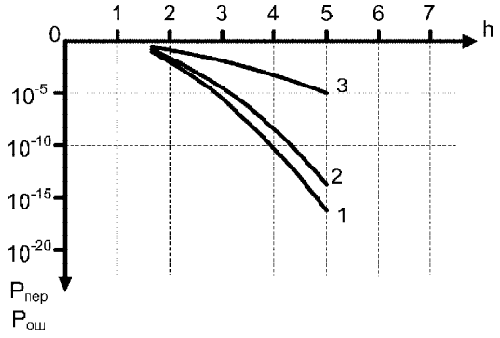


Рис. 3. Помехоустойчивость ИОАМ при k = 0,7 и INV_1 = 1; INV_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7: кривая 1 – вероятность попарного перехода в ИОАМ при некоррелированности отсчетов шума (теоретический предел); кривая 2 – вероятность попарного перехода ИОАМ при R = 0,7; кривая 3 – вероятность ошибки классической АМ

Библиографический список

1. Малинкин, В. Б. Инвариантный метод анализа телекоммуникационных систем передачи информации : моногр. / В. Б. Малинкин, Е. И. Алгазин, Д. Н. Левин, В. Н. Попантонопуло // Красноярск, 2006.

2. Алгазин, Е. И. Оценка помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации при некогерентном приеме / Е. И. Алгазин, А. П. Ковальский, В. Б. Малинкин // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. Вып. 2(19). С. 38–41.

3. Алгазин, Е. И. Помехоустойчивость инвариантной относительной амплитудной модуляции / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Актуальные проблемы электронного приборостроения : материалы IX Междунар. конф. Т. 4. Новосибирск, 2008. С. 20–24.

4. Алгазин, Е. И. Помехоустойчивость инвариантной системы передачи информации при наличии слабых корреляционных связей / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. Вып. 4(21). С. 29–32.

5. Боровков, А. А. Теория вероятностей / А. А. Боровков. М. : Эдиториал УРСС, 1999.

6. Теплов, Н. Л. Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации / Н. Л. Теплов. М. : Связь, 1964.

7. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. 3-е изд. М. : Радио и связь, 1989.

E. I. Algazin, E. G. Kasatkina, A. P. Kovalevsky, V. B. Malinkin

NOISE IMMUNITY OF THE INVARIANT SYSTEM OF INFORMATION TRANSMISSION BASED ON COHERENT RECEPTION BY EXISTENCE OF WEAK CORRELATION COMMUNICATIONS

The invariant system of information processing based on obtaining of the rectangular envelope using a synchronous detector is considered. The noise indexes are calculated. It is supported that the closest nearest reading of the rectangular are interfered with the adaptive noise whose readings are weakly correlated with each other.

The quantitative estimation of the operation of such kind system is compared with the quantitative indexes of the known invariant system by non-correlativeness of the noise readings.

Keywords: noise immunity, invariant, invariant relative amplitude modulation, probability of pair wise transition, signal/noise relation, coefficient of correlation.

УДК 621.3.049.77

Г. В. Перов, В. И. Сединин

ВЛИЯНИЯ ПОДВИЖНОГО ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИКА С НЕОДНОРОДНОЙ БЛОКИРУЮЩЕЙ ГРАНИЦЕЙ

Рассматривается влияние заряда подвижных ионов на электронную проводимость диэлектрика с неоднородной блокирующей границей раздела. На основе установленной корреляции между проводимостью и величиной подвижного заряда диэлектрика сформулированы основные положения модели поведения подвижного заряда в окисле на поликристаллическом кремнии (ОПк) с шероховатой блокирующей границей.

Ключевые слова: подвижный заряд диэлектрика, неоднородная блокирующая граница диэлектрика с полупроводником, окисел на поликристаллическом кремнии.

Многослойные компоненты из полупроводниковых, диэлектрических, проводящих слоев являются основой современных микроэлектронных структур. Технология формирования этих слоев постоянно развивается в направлении улучшения воспроизводимости электрических параметров и физико-химических свойств. Одной из базовых технологических задач является управление проводимостью диэлектрических пленок, встраиваемых в активные электронные блоки как на плоской поверхности монокристаллической подложки так и на поверхности зернистых слоев, например, поликристаллического кремния.

Постановка задачи. Проводимость диэлектрических слоев, в том числе на шероховатых поверхностях, достаточно хорошо изучена. Влияние отдельных составляющих заряда на проводимость изолирующих пленок является целью постоянных исследований. Например, влияние отрицательного заряда электронов на ловушках пленки окисла на поликристаллическом кремнии на ее проводимость подробно рассмотрено в работах [1; 2]. Влияние поверхностного заряда заключается в экранировании этим зарядом внешнего электрического поля и сопровождается снижением проводимости окисного слоя. Однако до последнего времени отсутствуют данные о влиянии положительного ионного заряда, подвижного при термополевых нагрузках на электропроводность диэлектрических пленок с неоднородной блокирующей границей. В настоящей статье представлены результаты исследований этого вопроса.

Методика измерений и подготовка образцов. Для исследования использовался комплекс методик, включающий измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) образцов при комнатной температуре, токов ТСП/ТСД тестовых структур в диапазоне температур 30...300 °С. Проводимость диэлектрического слоя оценивалась по величине электрического поля пробоя $E_{ПР}$, соответствующего плотности тока через структуру 10^{-6} А/см^2. Общая плотность подвижных ионов $N_{ПЗ}$ в окисле определялась по площади кривых ТТСП/ТТСД.

Измерения проводились на серии образцов, изготовленных термическим окислением поликристаллического кремния (ОПк).

Результаты и обсуждение. Присутствие ионов в ОПк вызывает смещение ВАХ диэлектрика в область меньших электрических полей в широком диапазоне плотностей токов от 10^{-6} А/см$_2$ до 10^{-10} А/см^2 и изменяет наклон ВАХ (рис. 1). Смещение ВАХ уменьшается от максимального уровня в низковольтной части кривой до минимального уровня в низковольтной части. Так, для пары образцов с плотностью подвижного заряда $4 \cdot 10^{11}$ см$^{-2}$ и $4 \cdot 10^{12}$ см$^{-2}$ сдвиг ВАХ составляет 1МВ/см и 0,2 МВ/см при плотностях токов 10^{-10} А/см^2 ($E < 2$ МВ/см) и 10^{-6} А/см^2 ($E > 4$ МВ/см) соответственно.

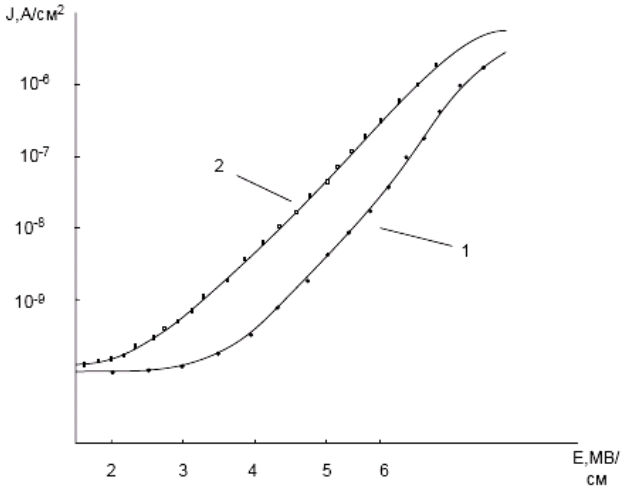


Рис. 1. Вольтамперные характеристики ОПк с различной плотностью подвижного заряда $N_{ПЗ}$ в диэлектрике: $1 - N_{ПЗ} = 1 \cdot 10^{11}$ см$^{-2}$; $2 - N_{ПЗ} = 1 \cdot 10^{12}$ см$^{-2}$.

При увеличении содержания ионов $N_{ПЗ}$ в ОПк, электрическая прочность $E_{ПР}$ окисной пленки на Пк монотонно снижается, а проводимость структуры соответственно возрастает (рис. 2). Так, при увеличении содержания ионов в диэлектрике на 2 порядка электрическое поле пробоя ОПк снижается в 1,5 раза.

Изменение формы и положения ВАХ окисла на поликремнии вызваны возникновением в диэлектрике дополнительного внутреннего электрического поля E^+, направленного вдоль внешнего поля и способствующего росту токов проводимости и уменьшению электрической прочности ОПк [3]. Она вызвана положительным зарядом ионов (рис. 3).

Согласно полученным данным, эта компонента проявляется при слабых электрических нагрузках $E < 2$ МВ/см (рис. 1).

Оценим плотность подвижного заряда $N_{ПЗ}$, ответственного за появление E^+ по данным ВАХ (рис. 1). Подобно расчету плотности подвижных ионов по сдвигу ВАХ определение $N_{ПЗ}$ проводилось по сдвигу вольтамперных характеристик $\Delta V_{ПЗ}$ относительно теоретической кривой, соответствующей $N_{ПЗ} = 0$, на выбранном уровне плотности электрического тока:

$$\overline{N_{ПЗ}} = \frac{\overline{Q}_{ПЗ}}{q} = \frac{C_{уд}\Delta V_{ПЗ}}{q} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \Delta E}{q}. \quad (1)$$

Рассчитаем плотность подвижных ионов в ОПк (1) для пленки Пк толщиной 50 нм со степенью неоднородности границы $\zeta = 1{,}1$. В этом случае сдвиг $\Delta E = E^+$ на уровне 10^{-10} А/см^2 составляет около 1 МВ/см. Соответствующая этому сдвигу плотность $N_{ПЗ}$ равна

$$\overline{N_{ПЗ}} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{q} \cdot E^+ = \\ = \frac{3{,}8 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-14}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} \cdot 10^6 \approx 2 \cdot 10^{12}\ \text{см}^{-2}. \quad (2)$$

В то же время плотность ионов в этой пленке, измеренная методом ТТСП, составляет $4 \cdot 10^{12}$ см$^{-2}$.

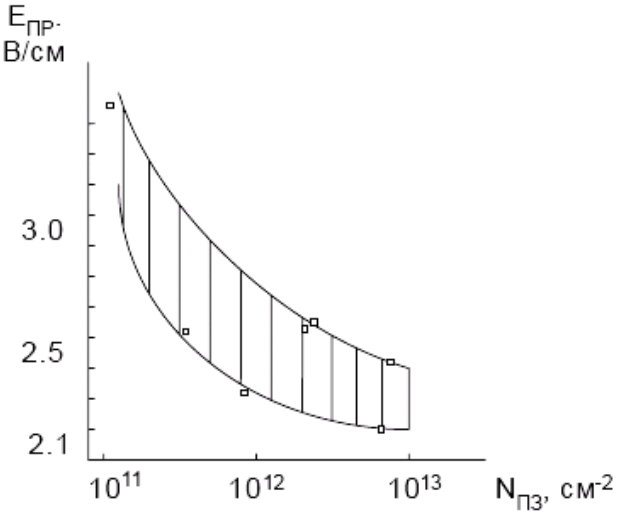


Рис. 2. Взаимосвязь электрического поля пробоя $E_{ПР}$ и средней плотности подвижного заряда $N_{ПЗ}$ в ОПк

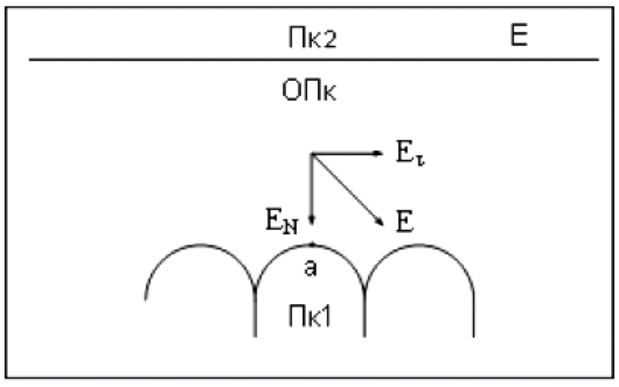


Рис. 3. Распределение электрического поля в ОПк вблизи острий Пк

Следовательно, только половина ионов в слое ОПк вносит вклад в изменение внутреннего электрического поля на блокирующей поверхности. Этот результат согласуется с данными расчета центроида подвижного заряда в окисле на поликремнии, в соответствии с которыми он расположен посередине, и подтверждает заключение о примерно равном распределении ионов на внутренней и внешней границах раздела. Таким образом, возрастание токов проводимости в низковольтной части ВАХ ОПк вызвано ионным зарядом, размещенным вблизи окисленной поверхности Пк.

Появление дополнительных электронных токов при комнатной температуре, вызванных полем положительных ионов, при измерении ВАХ происходит на фоне перераспределения ионного заряда вдоль неоднородной блокирующей границы. Перераспределение ионов при измерении ВАХ происходит непрерывно в соответствии с картой внутренних электрических полей за время $\tau_{рел}$.

Эффективное время релаксации для окисла кремния $\tau_{рел} = 10^{-5}...10^{-3}$ с [4], поэтому время релаксации подвижного ионного заряда в диапазоне слабых электрических полей $E_п$ до 2 МВ/см составляет

$$\tau_{рег} = \tau_{эфо} \cdot \exp\frac{\varepsilon_a}{K \cdot T} = (10^{-5}...10^{-3}) \times \\ \times \exp\frac{1{,}34 - 4{,}82 \cdot 10^{-4}\sqrt{2 \cdot 10^6}}{0{,}025} = 1...600\ \text{с}. \quad (3)$$

Время регистрации ВАХ $\tau_{рег}$ окисла толщиной 50 нм при скорости развертки $V_{рег} = 0{,}25$ В/с в указанных пределах электрических полей до 2 МВ/см составляет:

$$\tau_{рег} = \frac{\chi_{SiO_2}}{\nu_{рег}} \cdot E_N = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^6}{0{,}25} = 4\ \text{с}. \quad (4)$$

Сравнение $\tau_{рел}$ и $\tau_{рег}$, оценки $N_{ПЗ}$ по ВАХ и кривым ТТСП показывают, что только часть заряда ионов, для которой $\tau_{рел} < \tau_{рег}$, проявляется в изменении проводимости ОПк.

Изменение рельефа геометрической границы приводит к перераспределению внутреннего электрического поля подвижного заряда ионов. Можно прогнозировать, что при увеличении степени неоднородности границы раздела «ОПк–Пк» происходит накопление ионов на остриях Пк и возрастание локального электрического поля. Это сопровождается смещением ВАХ в область слабых электрических полей и уменьшением крутизны ВАХ.

Присутствие подвижного положительного заряда в ОПк и накопление его вблизи острий поликремния приводит к увеличению локальных электрических полей на блокирующей границе Пк и росту проводимости изолирующего слоя. Электрическое поле, вызванное ионным зарядом, накопленным на остриях поликремния, стимулирует инжекцию электронов из поликремния. Влияние заряда подвижных ионов на проводимость окисла с неоднородной геометрической границей раздела усиливается или ослабляется при увеличении или соответственно уменьшении степени шероховатости блокирующей поверхности.

Библиографический список

1. Lee, H. S. High electric field generated electron traps in oxide grown from polycrystalline silicon / H. S. Lee // Appl. Phys. Lett. 1980. Vol. 37, № 12. P. 1080–1082.

2. Groesneken, G. A quantation model for the conductionin oxides thermally grown polycristallyne silicon /

G. Groesneken, H. E. Maes // IEEE Trans. on El. Dev. 1986. Vol. ED-33, № 7. P. 1028–1042.

3. Сальман, Е. Г. Изучение процессов образования и переноса заряда в слоях двуокиси кремния на кремнии / Е. Г. Сальман, В. Н. Вертопрахов, В. С. Данилович. ЦИОНТ ПИК. Деп. в ВИНИТИ : № 558-76. Новосибирск, 1975.

4. Salman, E. G. Thermally stimulated depolarisation current controlled by surface charge change / E. G. Salman, V. N. Vertoprakhov // Phys. Stat. Sol. 1988. Vol. 1008, № 2. P. 625–630.

G. V. Perov, V. I. Sedinin

INFLUENCE OF MOBILE POSITIVE CHARGE ON ELECTRONIC CONDUCTIVITY OF DIELECTRIC WITH HETEROGENEOUS BLOCKING BORDER

The correlation between size of the positive mobile charge and electronic conductivity of oxide on polycrystalline silicon is established by the experimental method of thermally stimulated polarization and depolarization of MIS-structures. The boundary conditions of the problem for the working model of mobile charge behavior in isolating layers which were generated on a rough semiconductor film, are formulated.

Keywords: mobile charge of dielectrics, heterogeneous blocking border of dielectrics with a semiconductor, oxide on polycrystalline silicon.

УДК 621.391.037.372

К. М. Волощук, Т. А. Чалкин

ПРОТОКОЛ ПРОЗРАЧНОГО ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПО КАНАЛУ «ЗЕМЛЯ–БОРТ»

Описан протокол прозрачного шифрования, разработанный для организации сеансов передачи данных по защищенному каналу связи «земля–борт». Протокол определяет место генерации, тестирования и хранения, процедуры выбора, режимы смены ключевой информации при обработке данных.

Ключевые слова: протокол прозрачного шифрования, канал передачи данных «земля–борт», модуль обработки информации.

Задача данной работы – разработать протокол прозрачного шифрования данных, передаваемых по спутниковому каналу связи «земля–борт» в рамках научно-исследовательской работы (НИР).

Актуальность работы обусловлена следующим. Целостность предназначенных для управления космическим аппаратом (КА) разовых команд (РК), а также конфиденциальность транслируемых по каналу «земля–борт» стратегически важных данных обладают высокой степенью критичности. Чтобы гарантировать заданный уровень обеспечения данных свойств защищенности информации, необходима организация защищенного канала передачи данных «земля–борт».

Для организации защищенного канала передачи данных в систему космической связи устанавливаются аппаратные модули обработки информации (МОИ), выполняющие специальную обработку (спецобработку) данных по заданному алгоритму шифрования в режиме, определенном для обработки логической единицы передаваемых данных (кадра). Данные с выхода соответствующей компьютерной системы центра управления полетами (КС ЦУП) поступают на вход МОИ, где происходит их спецобработка. Зашифрованные данные поступают на вход наземной командно-измерительной станции (КИС), выполняется формирование кадра, модулированный по соответствующему стандарту сигнал конвертируется и передается на наземную приемно-передающую систему (ППС). С ППС ЦУП сигнал транслируется и принимается ППС КА. Затем сигнал поступает в КИС КА, с выхода которой полученные зашифрованные данные передаются в МОИ, расшифровываются и поступают в бортовой компьютер (БК) КА. Передача данных с КА в ЦУП осуществляется аналогичным образом (рис. 1).

Данная криптосистема, обеспечивающая защищенный канал передачи данных «земля–борт», должна отвечать следующим техническим требованиям, обусловленным спецификой канала передачи данных:

1. Шифрование данных должно осуществляться в потоковом режиме с канальной скоростью не менее 32 кбит/с.

2. Автономная работа элементов криптосистемы, установленных на борту КА, в течение всего срока эксплуатации КА.

3. Обработка кадров данных произвольной длины.

4. Устойчивость криптосистемы к современным методам криптоанализа.

5. Криптосистема должна обеспечивать контроль целостности передаваемых данных.

6. Процесс шифрования должен быть прозрачен с точки зрения канала связи.

7. Криптосистема должна обеспечивать заданную эксплутационную надежность, возможность резервирования МОИ.

При этом МОИ, входящий в состав системы организации защищенного канала «земля–борт» должен обеспечивать аппаратно-программную реализацию:

– зашифрования/расшифрования кадров данных переменной длины (128…1024 бит);

– процесса хранения и периодической смены элементов ключевой информации;

– генерирования сеансовой (текущей) ключевой информации;

– процедур автоматической проверки целостности передаваемых данных.

В соответствии с обозначенными требованиями для криптографической системы и заявленной спецификации МОИ были определены алгоритм шифрования и режим его работы, аппаратная платформа, принципы организации архитектуры и режимы функционирования МОИ [1], условия и процедуры выработки, замены сеансовой и долговременной ключевой информации.

На основании сравнительного анализа современных криптоалгоритмов в качестве основного алгоритма шифрования для защиты информации, передаваемой по каналу «земля–борт», был выбран ГОСТ 28147–89 [2].

Обоснования выбора алгоритма ГОСТ 28147–89 следующие:

1) действующий государственный стандарт РФ по криптографической обработке информации;

2) криптографическая стойкость: неизвестны практически реализуемые и эффективные методы осуществления атак;

3) возможность эффективной программной и аппаратной реализации на различных платформах.

В соответствии с обозначенными требованиями к криптосистеме в качестве используемого в ней режима работы алгоритма ГОСТ 28147–89 выбран режим гаммирования с обратной связью с дополнительной выработкой имитовставки для каждого кадра передаваемых данных [3].

Обоснование выбора режима объясняется следующим:

1. Режим гаммирования с обратной связью обеспечивает:

а) различие блоков шифрованных данных для одинаковых блоков исходных данных, что затрудняет криптоанализ;

б) возможность шифрования массива данных произвольного размера;

в) зацепление блоков, а следовательно, изменения в шифрованных данных распространяются на все последующие блоки исходных данных при расшифровании.

2. Режим выработки имитовставки обеспечивает:

а) возможность проверки целостности блока данных при помощи процедуры контроля имитовставки;

б) задание требуемого уровня надежности проверки целостности посредством выбора приемлемого значения размера имитовставки.

Используется двухуровневая система ключевой информации [4]:

1. Ключи шифрования:

– долговременные ключи;

– сеансовые ключи.

2. Таблицы замен.

Ключ представляет собой массив из восьми 32-битных элементов данных. Таким образом, размер ключа составляет $32 \cdot 8 = 256$ бит (32 байта) [2].

Долговременные ключи генерируются на этапе разработки криптосистемы с использованием алгоритма формирования псевдослучайной последовательности BBS (Блюма–Блюма–Шуба), проходят тестирование на отсутствие статистических закономерностей, перед началом эксплуатации записываются в постоянно запоминающееся устройство (ПЗУ) МОИ (каждому долговременному ключу соответствует уникальный указатель набора ключей), используются на протяжении всего периода эксплуатации КА. Рекомендуемая частота смены долговременных ключей – 1 раз в месяц.

Сеансовые ключи генерируются перед началом каждого сеанса шифрования и используются для шифрования только текущего кадра. Представляют собой 256-битные отрезки гаммы шифра, полученной с использованием долговременного ключа.

Таблица замен является матрицей 8×16, содержащей 4-битовые элементы. Строки таблицы замен (всего 8 строк) называются узлами замен (S-блоками). Таким образом, общий объем таблицы замен равен 8 узлов $\times$ 16 элементов / узел $\times$ 4 бита / элемент = 512 бит (64 байта) [2]. Таблицы замен вырабатываются на этапе разработки, подвергаются тестированию по заданным критериям. Конкретный набор таблиц замен определяется заказчиком перед началом эксплуатации системы и записывается в ПЗУ МОИ (каждой долговременной таблице соответствует уникальный указатель набора таблиц). Рекомендуемая частота замены таблиц замен – 1 раз в год.

Предусмотрено два режима управления заменой используемой ключевой информации (долговременных ключей и таблиц замен):

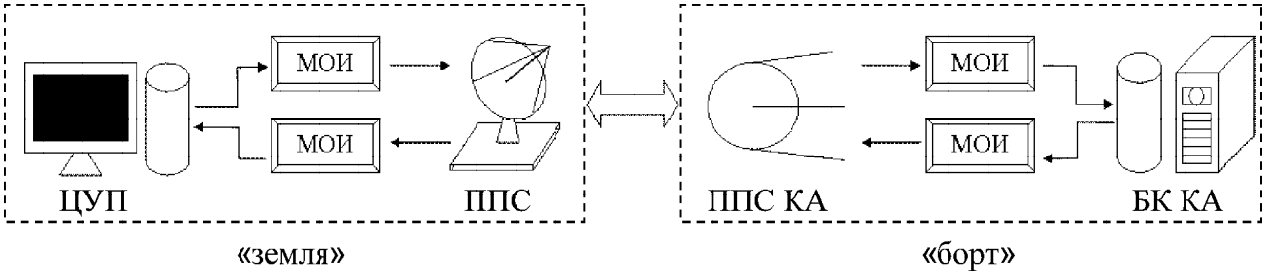


Рис. 1. Место МОИ в канале передачи данных «земля–борт»

1. Посредством директивы ЦУП и синхронной трансляции специальной команды из ЦУП на МОИ, установленный в составе наземного криптографического комплекса, и МОИ КА.

2. В автоматическом режиме в соответствии со значением счетчика объема данных, зашифрованных с использованием текущего набора долговременной ключевой информации.

В специальной команде указываются выбранные указатели набора ключей и таблиц, записанных в ПЗУ МОИ ЦУП и МОИ КА. Переключение на выбранные пары происходит синхронно в МОИ ЦУП и МОИ КА. В случае успешного выполнения директивы, команда подтверждения переключения поступает от обозначенных МОИ в ЦУП.

В обоих вариантах переключение на заданную пару происходит по специальной команде, поступающей в МОИ. В первом случае инициатором трансляции команды на микромодули является ЦУП, во втором случае – наземная криптосистема при превышении установленного порогового значения уровня объема зашифрованных данных, при этом, чем больший объем информации за определенный промежуток времени будет подвергнут шифрованию, тем чаще будет происходить переключение криптографической системы на не задействованную ранее пару долговременной ключевой информации («ключ–таблица замен»), и наоборот.

В качестве аппаратной платформы МОИ была выбрана сверхбольшая интегральная схема (СБИС) типа «радиационно-стойкая программируемая логическая интегральная схема» ПЛИС (FPGA – field-programmable gate array) на базовых матричных кристаллах (БМК) (ASIC – application specific integrated circuit) производства фирмы Actel [5].

Логическая структура МОИ состоит из двух вычислительных узлов – процессора обработки информации (ПОИ) и генератора специальной информации (ГСИ).

В состав МОИ входят 2 модуля оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) по 4 кбайта и модуль ПЗУ.

Технологический интерфейс взаимодействия МОИ: USB.

Рабочий интерфейс взаимодействия МОИ с КИС ЦУП и КИС КА: RS-422 [1].

ПОИ выполняет непосредственно процедуры спецобработки поступающих на вход данных (зашрование/расшифрование) [1]. ГСИ используется для выработки специальной информации посредством рекуррентного генератора последовательности чисел (РГПЧ) согласно алгоритму ГОСТ 28147–89.

Модули ОЗУ (по 4 кбайта каждый) используются в качестве входного и выходного буферов соответственно. Модуль ПЗУ предназначен для хранения долговременной ключевой информации (рис. 2).

Предполагается для хранения текущего элемента специнформации длиной 256 бит использовать ячейку памяти МОИ R_current, для работы с имитовставкой – R_imito длиной 32 бит. Начальное заполнение вспомогательных ячеек памяти R_key и R_data в МОИ длиной 64 бита каждая, предназначенных для инициализации процесса выработки гаммы шифра при выработке сеансового ключа и непосредственном шифровании передаваемых по каналу связи данных соответственно, представляет собой предварительно сгенерированную псевдослучайную последовательность. Долговременная ключевая информация записывается в память МОИ перед началом эксплуатации системы. РГПЧ МОИ генерирует блоки данных длиной 64 бит по алгоритму, описанному в стан-

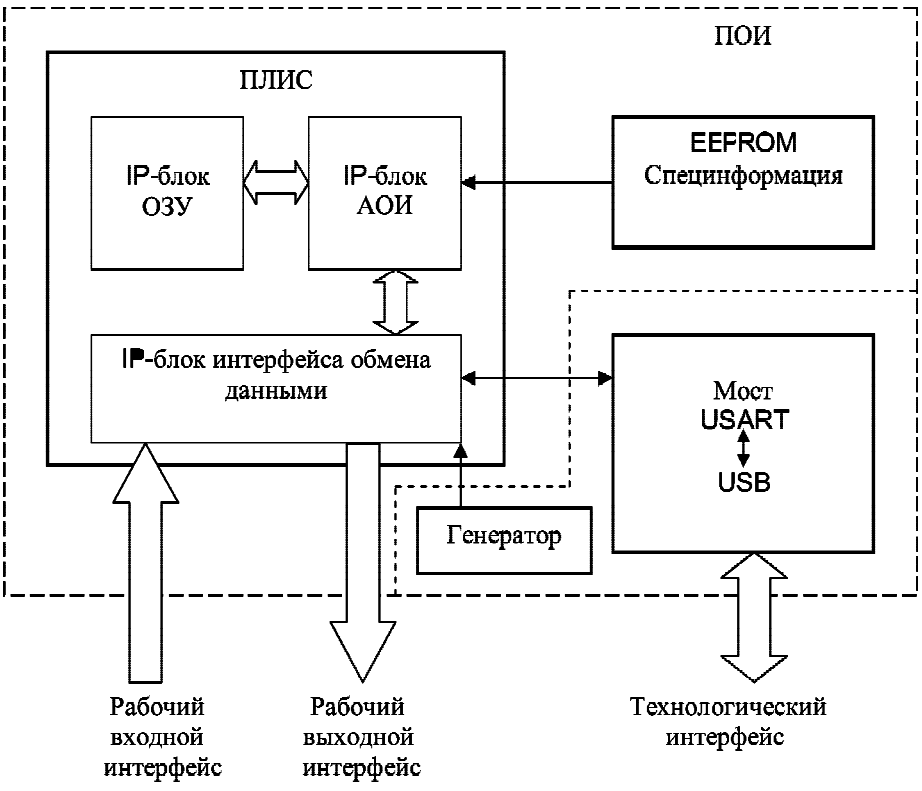


Рис. 2. Функциональная схема МОИ

дарте ГОСТ 28147–89, используется для генерации синхропосылок, хранимых в R_key и R_data, необходимых для спецобработки данных согласно алгоритму ГОСТ 28147-89. Логическая схема МОИ представлена на рис. 3 .

Процедура передачи данных с земли на борт (в обратном направлении передача осуществляется аналогично) осуществляется в следующей последовательности:

1. Кадр данных из ЦУП поступает на вход МОИ. Данные помещаются во входной буфер данных МОИ.

2. Выполняется генерация сеансового ключа (используемого только для зашифрования текущего кадра данных) путем выработки псевдослучайной гаммы по алгоритму ГОСТ 28147–89 в режиме гаммирования с обратной связью [2] при помощи текущего долговременного ключа и текущего набора таблиц замен из запоминающего устройства, при этом 64 инициализирующих бита берутся из R_key. Сгенерированная последовательность из 256 бит сохраняется в R_current для дальнейшего использования при спецобработке данных из входного буфера. Генерация сеансового ключа на данном шаге заключается в последовательном выполнении процессором спецобработки четырех циклов спецобработки данных по алгоритму ГОСТ 28147-89.

3. Для данных, находящихся во входном буфере, вычисляется имитовставка по алгоритму ГОСТ 28147–89 с использованием полученного на предыдущем шаге сеансового ключа из R_current и текущего набора таблиц замен, хранящегося в долговременной памяти МОИ. Младшие 32 бита полученной имитовставки сохраняются в R_imito.

4. Данные для передачи, находящиеся во входном буфере, подвергаются зашифрованию по алгоритму ГОСТ 28147–89 в режиме гаммирования с обратной связью с использованием сеансового ключа из R_current и текущего набора таблиц замен. Синхропосылка для шифрования берется из R_data. Данные на выходе процессора, выполняющего спецобработку, помещаются в выходной буфер МОИ.

5. Информационная часть кадра формируется следующим образом: первые 64 бит занимает содержимое R_key, затем – 64 бит из R_data, после чего следуют данные, полученные на предыдущем шаге из выходного буфера, и последние 32 бит занимает содержимое R_imito (рис. 4). Сформированная таким образом в выходном буфере последовательность передается в КИС и ППС, где к ней добавляется заголовок кадра, канальная синхропосылка, дополнительная служебная информация, после чего кадр транслируется на борт КА.

6. При помощи РГПЧ в МОИ на земле осуществляется генерация очередной 64-битовой последовательности для данных из R_key и R_data. Эти последовательности записываются в эти же R_key и R_data (таким образом, в эти регистры помещаются следующие за текущими числа из псевдослучайной последовательности, генерируемой РГПЧ). Они будут использоваться как инициализирующие при генерации сеансового ключа и непосредственно при зашифровании информации соответственно, для следующим за текущим кадра данных, поступившего в МОИ.

7. На борту переданный с земли кадр принимается, обрабатывается в ППС и КИС, после чего его информационная часть передается на вход МОИ. Первые 64 бита полученных данных помещаются в R_key, последующие 64 бит – в R_data, а последние 32 бита – в R_imito МОИ. Оставшиеся данные помещаются во входной буфер МОИ.

8. Выполняется генерация сеансового ключа и запись его в R_current аналогично п. 2. Идентичность сеансовых элементов специнформации на земле и на борту, необходимая для обратимости шифрования, обеспечивается, таким образом, путем передачи вместе с зашифрованными данными инициализирующего блока, использованного для генерации сеансового элемента специнформации (т. е. данных из R_key), и синхронной смены долговременных ключей и наборов таблиц замен в МОИ, установленных на земле и на борту КА.

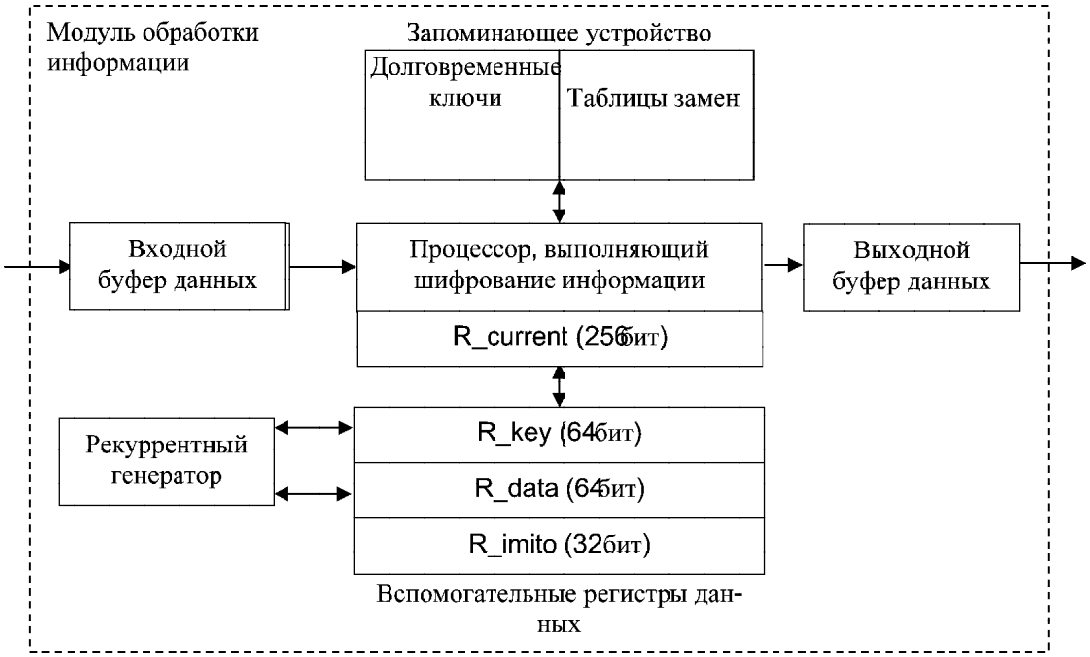


Рис. 3. Логическая схема МОИ

9. Данные из входного буфера подвергаются расшифрованию по алгоритму ГОСТ 28147–89 в режиме гаммирования с обратной связью процессором спецобработки с использованием сеансового ключа из R_current, и текущего набора таблиц замен из долговременного запоминающего устройства. Синхропосылка для расшифрования считывается из R_data. Расшифрованные данные помещаются в выходной буфер.

10. Для массива данных в выходном буфере выполняется вычисление имитовставки по алгоритму ГОСТ 28147–89 с использованием сеансового ключа из R_current и текущего набора таблиц замен, после чего полученное значение имитовставки сравнивается со значением в R_imito. При совпадении значений данные из выходного буфера передаются для обработки в БК КА, при расхождении данные в выходном буфере считаются ошибочно принятыми и на землю передается команда, сигнализирующая об искажении данных кадра.

Вышеизложенный протокол схематично представлен на рис. 5 и 6. Пунктирными соединительными линиями обозначены операции по перемещению данных без обработки, сплошными тонкими линиями – выработка оче-

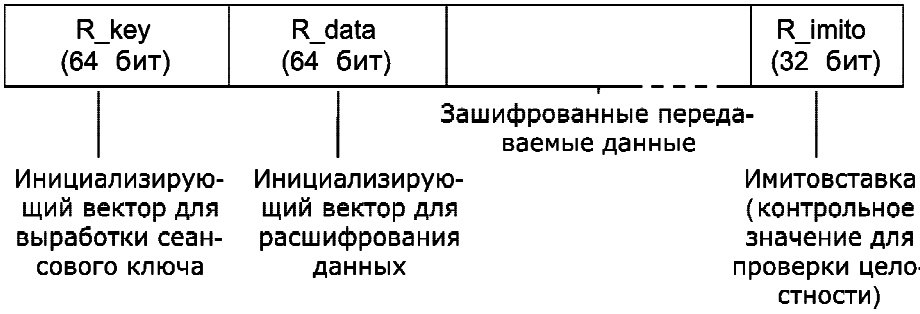


Рис. 4. Структура информационной части кадра

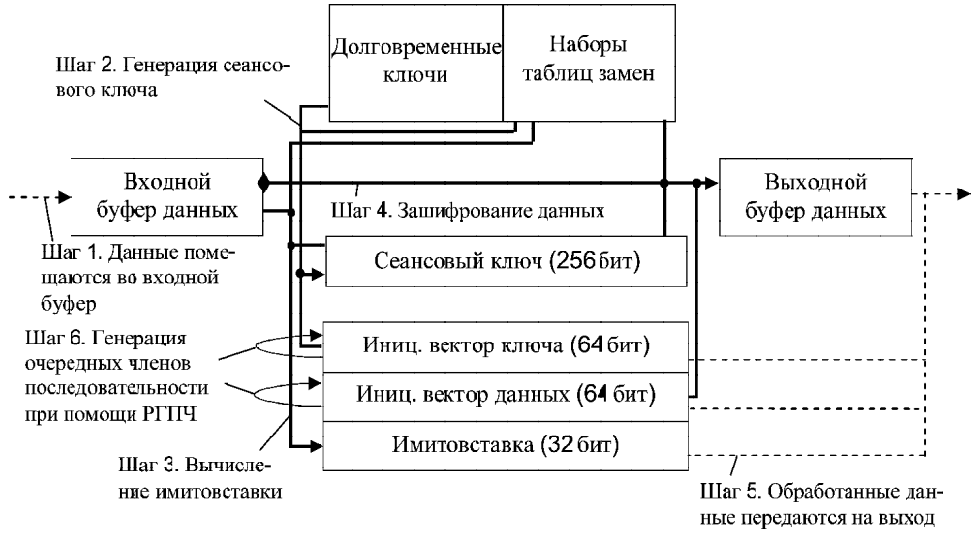


Рис. 5. Процедура зашифрования в МОИ передаваемых данных

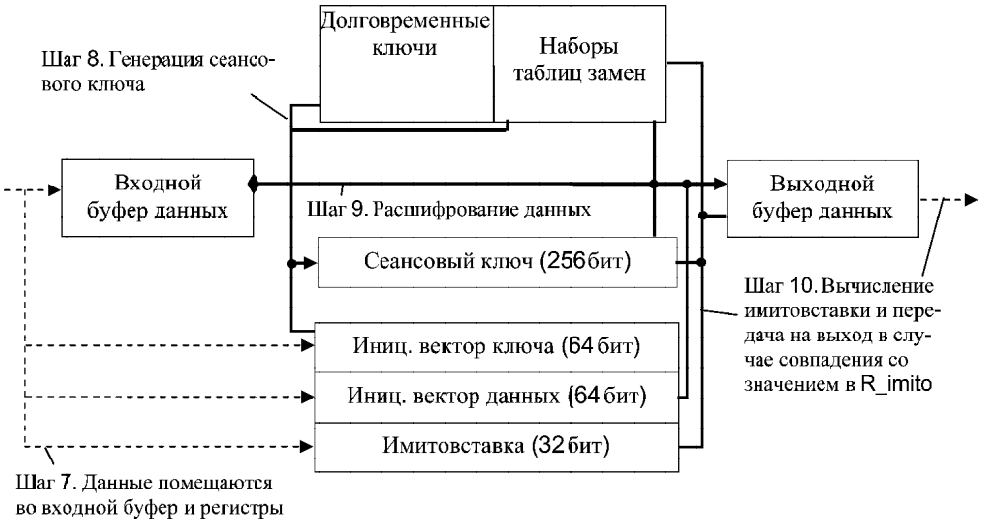


Рис. 6. Процедура расшифрования в МОИ принимаемых данных

редных членов последовательности чисел при помощи РГПЧ, сплошными жирными линиями – перемещение данных с их спецобработкой.

Таким образом, в соответствии с предоставленными исходными данными, проведенным анализом этих данных и выбранной аппаратной платформой реализации был разработан протокол прозрачного шифрования данных для организации сеансов передачи данных по защищенному каналу связи «земля–борт». Данный протокол определяет архитектуру построения МОИ, место генерации, тестирования и хранения, процедуры выбора и режимы смены ключевой информации при обработке передаваемых и принимаемых данных.

Библиографический список

1. Шаранок, А. С. Аппаратная реализация алгоритмов шифрования на элементной базе ПЛИС / А. С. Шаранок // Актуальные проблемы безопасности информационных технологий : сб. науч. ст. ; ред. О. Н. Жданов, В. В. Золотарев, А. В. Шахматов ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.

2. ГОСТ 28147–89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996.

3. Винокуров, А. Алгоритм шифрования ГОСТ 28147-89, его использование и реализация для компьютеров платформы x86 [Электронный ресурс] / А. Винокуров. Электрон. дан. Режим доступа: http://re-tech.narod.ru/inf/crypto/gost.htm. Загл. с экрана.

4. Столингс, В. Криптография и защита сетей: принципы и практика / В. Столингс. 2-е изд. М. : Изд. дом «Вильямс», 2001.

5. Потехин, Д. С. Разработка систем цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС / Д. С. Потехин, И. А. Тарасов // М. : Радио и связь, 2007.

K. M. Voloshchuk, T. A. Chalkin

TRANSPARENT ENCRYPTION PROTOCOL FOR DATA TRANSMITTED VIA «SURFACE-TO-BOARD» CHANNEL

The organization of the Transparent data encryption protocol designed for the data transmission via the secure «surface-to-board» channel is described in this paper. This protocol determines the place of key information generation, testing location, key information selection and change procedures while data-processing operation.

Keywords: transparent data encryption protocol, «surface-to-board» channel, data processing module.

УДК 004.056.53:519.873

Е. С. Семенкин, М. А. Стюгин

ЗАЩИТА ОТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассматривается информационное взаимодействие нарушителя и защищаемой системы в виде стереотипных схем исследования, предлагается метод снижения эффективности атаки путем искусственного повышения разнообразия атакуемой системы, описывается задача автоматизации проектирования систем безопасности.

Ключевые слова: информационное взаимодействие с нарушителем, стереотипные схемы, снижение риска в системах безопасности.

С давних времен человечество пыталась упростить как свою жизнь, так и способы ее поддержания. Простота – признак гениальности, а порядок – залог успеха. Однако такой подход эффективен до тех пор, пока дело не доходит до серьезных конфликтов, где единственный способ преобладать – это сделать свой уникальный шаг к цели. В таком конфликте каждый исследует своего противника, и чем проще и стереотипнее этот противник, тем он беззащитнее от атак конкурента (нарушителя).

Информационный обмен. Любая активная деятельность сопровождается получением, передачей и анализом информации. Такой информационный обмен происходит всегда. Схематично его можно изобразить следующим образом (рис. 1).

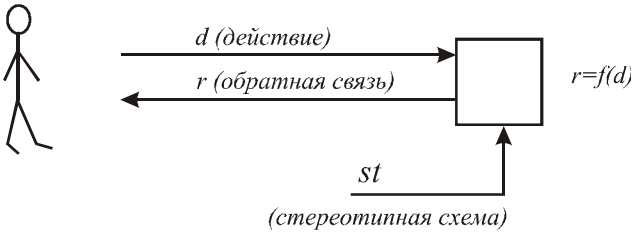


Рис. 1. Схема информационного обмена

Совершая некие действия (d), субъект наблюдает ответную реакцию объекта (r). Значение r интерпретируется в соответствии с внутренней структурой объекта. Это означает, что субъект имеет некую информацию об объекте и предполагает, как объект будет реагировать на его действия. Эту информацию об объекте субъект получает в результате применения стереотипной схемы (st) взаимодействия с объектом. Стереотипная схема является исходной моделью, в рамках которой субъект определяет структуру объекта (выполняет интерпретацию информации r). Таким образом, представленная схема исследования аналогична модели исследования «черного ящика» [1].

Всю деятельность по данной схеме можно условно разделить на исследование и контроль. Контроль – это отслеживание обратной реакции r. Если она не согласуется с ожидаемым значением, то субъект вынужден перейти к исследованию. При исследовании субъект не знает заранее обратной реакции, но фиксирует ее для нахождения структуры объекта, т. е. функции $r = f(d)$.

Процесс исследования. В любых антагонистических конфликтах, в том числе и в системах безопасности, любым активным действиям предшествует исследование системы. Его можно не выделять как отдельный этап управления в конфликтной ситуации, но учитывать его необходимо, так как любые действия (контроль) совершаются с учетом неких представлений об объекте.

В качестве очень простого примера можно рассмотреть ввод символов с клавиатуры. Действием здесь будет ввод символов на клавиатуре, а обратной реакцией символы, отображаемые на экране монитора. В качестве стереотипной схемы здесь берется тождество между вводимым и отображаемым символом (рис. 2).

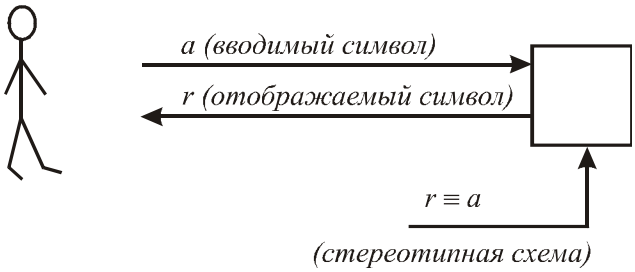


Рис. 2. Пример простейшей стереотипной схемы

Это взаимодействие – контроль, так как субъект предполагает реакцию системы. Допустим теперь, что произошел отход от стереотипной схемы, например, кто-то перемешал клавиши на клавиатуре. Символы на клавиатуре теперь не соответствуют тем, что появляются на экране. Это склонит субъекта к исследованию – необходимо найти (неизвестную) стереотипную схему (функциональную зависимость $r = f(a)$). Но такое исследование, в свою очередь, может быть проведено только в рамках некоторой новой стереотипной схемы, которой, например, может быть предположение о существовании взаимнооднозначного соответствия между вводимым и отображаемым символом. Это соответствие и должно быть установлено в ходе исследования (рис. 3).

С учетом новой стереотипной схемы объект исследуется, как черный ящик, и с использованием некоторых методов (например, перебора вариантов) определяется функция $r = f(a)$. Если на клавиатуре всего n символов, то необходимо перебрать $(n - 1)$ значений для установления зависимости.

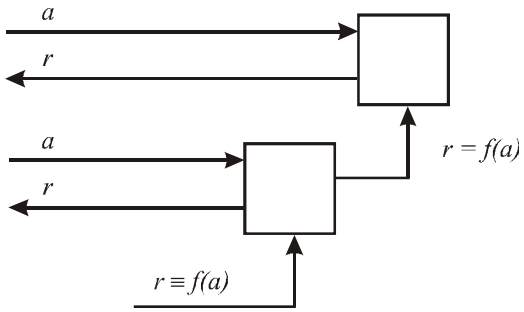


Рис. 3. Новая стереотипная схема
$r = f(a)$ – устанавливается вид функции f

Представим теперь, что снова произошел отход от стереотипной схемы путем ввода в зависимость дополнительного параметра, например, порядка вводимого символа – b. Теперь между вводимым и отображаемым символом нет взаимнооднозначного соответствия – если символ набирается первым, то он отображается иначе, нежели в ситуации, когда он вводится вторым или третьим. Поскольку значение r невозможно интерпретировать с помощью найденной ранее функции, выполняется переход к исследованию для установления зависимости в рамках новой стереотипной схемы – предположения, что зависимость между вводимым символом и отражаемым по-прежнему функциональная, но значение этой функции зависит от одного параметра (рис. 4).

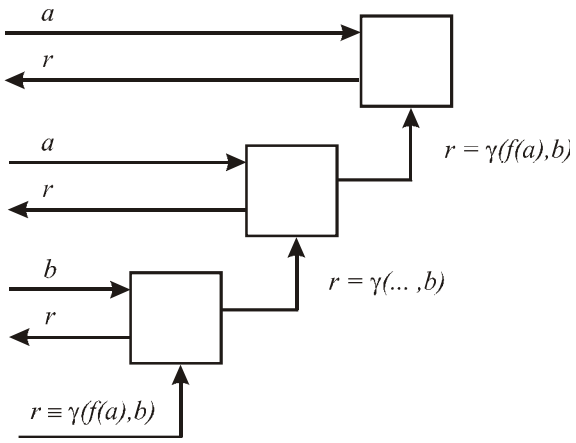


Рис. 4. Стереотипная схема с одним параметром

В результате исследования мы находим исходную стереотипную схему, которая уже имеет вид $r = \gamma(f(a), b)$. Если параметр b имеет m значений, то для исследования черного ящика нам теперь необходимо перебрать $(nm - 1)$ значений.

Из рассмотренного примера видно, что стереотипные схемы необходимо разделять по количеству параметров, на которых она определяется. Если субъект не знает эти параметры, то соответственно, не может исследовать систему. Она будет представлять для него хаос. Вводя в данном примере еще один параметр, например время, можно добиться того, что непосвященный субъект просто не увидит никакой зависимости между символа-

ми на клавиатуре и теми, что отображаются на экране. Интерпретация для него будет невозможной, а работа системы – хаотичной.

Информативность обратной связи. Вводя такой хаос в систему, можно затруднить нарушителю какие-либо действия на «нашей территории», т. е. так же, как и в конкурентной борьбе, сохранять свою «невидимость» для конкурентов. В любой системе есть пространство для таких усложнений, т. е. для хаоса. Главное здесь – научиться самому с ним справляться. Тогда он будет создавать проблемы только для нарушителя.

Рассмотрим еще один пример из области атак на компьютерные сети. Здесь нарушитель, прежде чем осуществить контроль, как правило, вынужден просканировать сеть с целью определения IP-адресов хостов, а также открытых портов, запущенных служб и пр. (рис. 5). То есть он сразу переходит к исследованию в рамках стереотипной схемы – взаимнооднозначное соответствие между IP-адресами и хостами в сети (st_1).

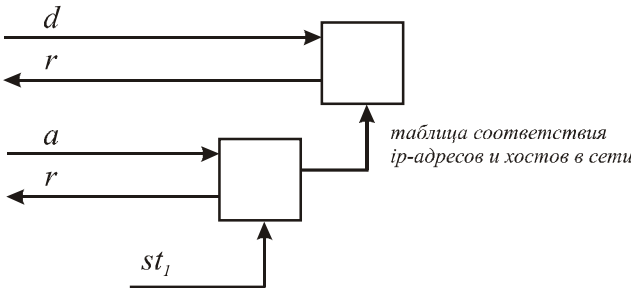


Рис. 5. Простейшая стереотипная схема при атаке на компьютерные сети

От этой стереотипной схемы можно отойти, вводя, например, еще один параметр – номер порта, по которому идет попытка соединения. То есть отдельный компьютер в сети не имеет своего IP-адреса. Адреса в сети как бы «размыты». Данное техническое решение не столько сложно в реализации, сколько нестандартно. Никаких противоречий в работе служб при такой настройке не будет, хотя настроить «стандартное» оборудование на такую работу, конечно, невозможно. Исследование теперь возможно только в рамках новой стереотипной схемы – предположении о взаимнооднозначном соответствии между номером порта отдельного хоста и IP-адресом в сети (st_2) (рис. 6).

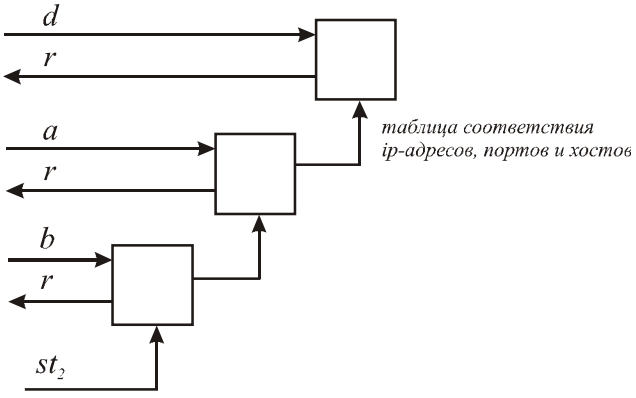


Рис. 6. Новая стереотипная схема при атаке на компьютерные сети

В этом примере, как и в предыдущем, субъект может исследовать черный ящик, только если обратная связь (r) является информативной, т. е. канал контроля выбран правильно. Можно настроить файрвол и запретить сканирование в сети – это будет равносильно тому, что, как и в предыдущем примере, на экране (для ввода пароля, например) не будут отображаться символы. Исследование здесь будет невозможно, а значит, будет необходимо искать новый канал обратной связи. Однако можно поступить и иначе: в предыдущем примере на экране отображаются именно вводимые символы, а реально в системе записываются другие. В случае с атакой на сеть аналогом является такое действие, когда вместо файрвола ставится HoneyPot и выполняется имитация хостов по IP-адресам, которых на самом деле нет. Исследование системы в этом случае было бы гораздо сложнее. Эта сложность объясняется тем, что здесь уже наблюдается неинформативность самой информативной обратной связи. Чтобы это понять, необходимо учитывать, что поиск такого информативного канала – это тоже процесс исследования, который можно представить в виде такого же черного ящика. То есть исследование идет в два этапа.

Затраты на исследования. Основной ресурс, затрачиваемый на исследование, – это время. Ориентируясь на этот показатель, можно говорить о возможности исследования противником системы и совершения им адекватных действий. Оценить это время можно, конечно, только экспериментальным путем. Затраты времени могут быть бесконечно большими (нарушитель воспринимает процессы в системе как хаотичные и не может установить взаимосвязи) или предельно малыми (последовательный анализ черного ящика с точно определенными параметрами).

Как принято в анализе систем безопасности, будем ориентироваться на наихудший для защищающегося случай (являющийся предельно оптимистичным вариантом для атакующего), когда субъект, исследующий систему, затрачивает предельно мало времени, т. е. точно знает параметры и диапазон входных и выходных значений каждого черного ящика. И (что очень существенно) не затрачивает время на поиск самих черных ящиков.

Как уже упоминалось выше, когда речь шла об информативной обратной связи, исследование может проходить в несколько этапов. Например, в случае подбора пароля (назовем это действие a), если нет информативной обратной связи, то необходимо ее найти (действие b). Кроме того, для получения информативной обратной связи по действию b, возможно, необходимо исследовать еще одну систему – действие c:

$$c \to b \to a.$$

Эту последовательность можно продолжать бесконечно. То есть можно также бесконечно склонять исследователя к поиску информативной обратной связи, без которой исследование невозможно.

На каждое действие необходимо затратить некоторое время. Обозначим его как t_x:

$$c \to b \to a.$$

$$T_c\, t_b\, t_a$$

В свою очередь, время, затрачиваемое на каждое действие, есть произведение количества итераций, которые необходимо свершить на время каждой итерации:

$$t_x = n_x \cdot \Delta t_x .$$

При поиске информативной обратной связи время итерации будет кратно времени исследования системы на более «низком» уровне:

$$\Delta t_b \propto t_a ,$$

$$\Delta t_c \propto t_b .$$

То есть

$$t_b = n_b \cdot n_a \cdot \Delta t_a \cdot k ,$$

где k – это коэффициент (больший единицы), который характеризует время, затрачиваемое на «переориентирование» между исследованием двух систем. Однако мы будем считать его равным единице, так как рассматриваем максимально пессимистичный для защищающегося вариант. Полное время, затрачиваемое на исследование, равно времени исследования первой системы, т. е. время первого действия

$$T = t_c = n_c \cdot n_b \cdot n_a \cdot \Delta t_a .$$

Это может показаться парадоксальным, так как действие *c* совершается первым. Но этот процесс неразрывен и действие *c* заканчивается тогда, когда исследована вся система. Нельзя говорить о получении информативной обратной связи, пока не получен конечный результат. Возвращаясь к примеру с паролем, это можно проиллюстрировать следующим образом. На экране отображаются не те символы, которые вводятся, т. е. необходимо искать их в другом месте (действие *b*). Можно анализировать данные в памяти, сигналы, передаваемые в сеть, прерывания процессора и т. д. И каждый раз для проверки информативности обратной связи необходим возврат к подбору пароля (действие *a*). И только когда пароль уже подобран, действие *b* будет закончено.

Возьмем три очень простых черных ящика с взаимнооднозначным соответствием между входами и выходами (единственный параметр). Входов у каждого ящика 10; время, затрачиваемое на итерацию по последнему ящику – 1 мин. Тогда полное время, необходимое на исследование системы (оптимистичный вариант) равно

$$T = (10-1)\cdot(10-1)\cdot(10-1)\cdot 1 \text{ мин} = 729 \text{ мин}.$$

Снижение риска и издержек в системах безопасности. Как уже было показано, в качестве прикладной области защиты от исследования можно рассматривать снижение риска в системах безопасности или издержек, связанных с ее построением. Риск от преднамеренных атак можно снизить путем затруднения исследования системы безопасности со стороны нарушителя. Увеличивая время, необходимое на атаку, можно снизить риск вплоть до нуля (если время на исследование несоразмерно велико, как, например, в существующих криптографических алгоритмах с открытым ключом). Делается это путем поиска стереотипных схем и отхода от них при организации процессов в системе. Введя такую базу путей отхода от стереотипных схем, можно рассматривать их как параметры при постановке задачи оптимизации риска от преднамеренных атак с учетом издержек на построение системы безопасности.

Для поддержки данных технологий при проектировании систем безопасности и продвижении их на рынок разрабатывается программа автоматизированного проектирования. Она имеет по каждому классу атак (атаки по акустическому каналу, социальной инженерии, сетевые атаки и т. д.) динамичную базу стереотипных схем (рис. 7) и по каждой стереотипной схеме множество вариантов приведения ее в диссонанс.

База стереотипных схем, конечно, не статична. Специалист по безопасности может ее пополнять и сам. После этого он исключает из списка неприемлемые для него процедуры приведения стереотипных схем в диссонанс (экономически дорогие, нецелесообразные с точки зрения реализации, неэтичные с его точки зрения) и по оставшимся процедурам программа рассчитывает их оптимальную комбинацию с точки зрения снижения риска.

Рассмотрим простейший вариант. Допустим, что при проектировании известны n стереотипных схем атаки. Известны также m способов приведения стереотипных схем в диссонанс. О каждом j-м способе приведения в диссонанс известно, что его эффективность против i-й стереотипной схемы атаки определятся числом c_{ij}, $i = 1,\ldots, n, j = 1, \ldots, m$, а уровень затрат ресурсов на его реализацию – числом $r_j, j = 1, \ldots, m$. В этом случае задача формирования эффективного набора способов приведения

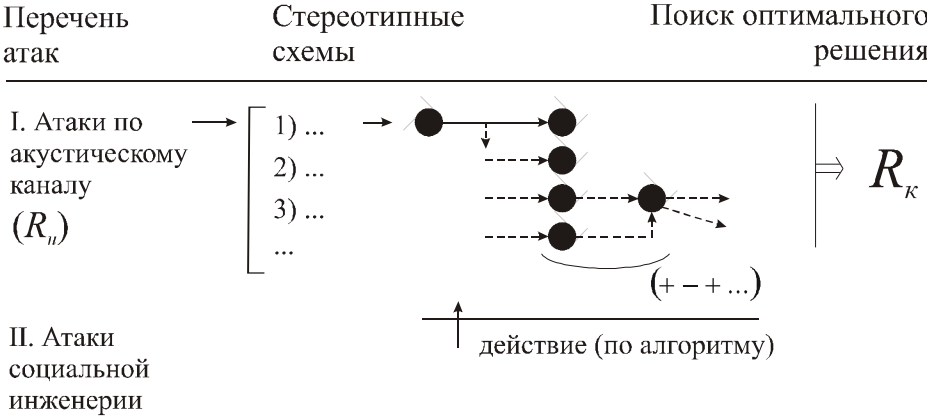


Рис. 7. База стереотипных схем автоматизированной системы проектирования систем безопасности

стереотипных схем в диссонанс может быть формализована в виде известной задачи о рюкзаке:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij}x_j \to \max,\ \sum_{j=1}^{m} r_j x_j \le R,$$

или, альтернативно, в виде

$$\sum_{j=1}^{m} r_j x_j \to \min,\ \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij}x_j \ge C,$$

где R – имеющийся запас ресурсов на реализацию системы; C – минимальный требуемый уровень эффективности; x_i – переменная принятия решения, равная единице, если i-й способ приведения стереотипных схем в диссонанс включается в формируемый набор, и равная нулю в противном случае. Решение данной задачи является чисто технической проблемой.

В более сложных случаях существует не один ресурс, затрачиваемый на реализацию защиты, и эффективность определяется не одним числом (или вообще не числом). Более того, возможны конфликты между способами защиты, когда использование одного способа исключает или изменяет эффективность применения другого. Возможно также, что эффективность и затраты ресурсов одного и того же способа защиты будут разными для различных способов атаки. Все это может значительно усложнить постановку задачи выбора эффективного варианта, приводя к нелинейным многокритериальным задачам оптимизации с разношкальными переменными и алгоритмически заданными функциями. Решение такой задачи уже не является чисто технической проблемой, но, тем не менее, вполне может быть осуществлено с помощью современного алгоритмического аппарата оптимизации [2].

Библиографический список

1. Эшби, У. Р. Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. М. : КомКнига, 2006.

2. Семенкин, Е. С. Метод обобщенного адаптивного поиска для синтеза систем управления сложными объектами / Е. С. Семенкин, В. А. Лебедев. М. : МАКС Пресс, 2002.

E. S. Semenkin, M. A. Styugin

PROTECTION AGAINST INVESTIGATION AND APPLICATION IN SECURITY SYSTEMS

Informational interaction of a violator and a protected system in the form of stereotypic investigation schemes is considered. The attack effectiveness decreasing method based on artificial increase of the system diversification is suggested. Security systems design automation problem is described.

Keywords: informational interaction with a violator, stereotypic schemes, risk reducing in security systems.

УДК 004.056

И. А. Капчинский, П. В. Ковалев, А. Н. Лайков, С. Н. Гриценко

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИВЕРСИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Рассматривается методология мультиверсионного программирования, которая обеспечивает гарантию того, что ошибки одной из версий программного обеспечения не приведут к нарушению процесса управления сложными объектами, для которых характерны жесткие требования по надежности и автономности функционирования.

Ключевые слова: оптимизация, надежность, мультиверсионное программирование.

Проблеме формирования программных комплексов (ПК), проектируемых на основе принципов программной избыточности, в настоящее время уделяется значительное внимание. Проблематика проектирования программных комплексов с использованием методологии мультиверсионного программирования рассматривалась в работах А. Авижиениса, Н. Ашрафи, О. Бермана, М. Катлер, Дж. Ву, К. Яо, Р.К. Скотта, Д. Мак Аллистера, К. Е. Гросспитча и мн. др. [1–5]. Разрабатываются новые методы оптимизации версионного состава программного комплекса, новые системы формирования структуры программного комплекса, однако не достаточно внимания уделяется разработке методик формирования структуры мультиверсионного программного комплекса с учетом временных и ресурсных ограничений [1]. Основной задачей формирования мультиверсионного программного обеспечения является оптимизация версионного состава программного комплекса. В качестве критерия оптимизации обычно выбирают надежность комплекса.

В научных исследованиях, например, в работе [2] уже рассматривалось введение ограничений на ресурсы и время выполнения программы, но предложенный алгоритм требует больших вычислений и сложен в реализации. Кроме того, если временные ограничения вводятся

в полном объеме, то для ресурсных ограничений рассматривается частный случай, который не отражает существующую реальность. Фактически, возможно применение только одной единственной оценки надежности программного комплекса и использование одноуровневой модели построения ПО.

Методология авторов работ [3; 4], исследующих данный вопрос, основывается на следующих положениях:

– ПО проектируется методом модульного программирования;

– рассматриваются системы, построенные на основании методологии мультиверсионного программирования;

– версии модулей разрабатываются независимо друг от друга и их параметры надежности и стоимости могут быть оценены;

– реализуется статическое распределение задач с известным временем обслуживания.

В работе рассматривается следующая модель: система конструируется из I задач, для решения каждой из которых назначается определенный программный модуль. Связи между задачами определяются в виде графа задач и также могут быть представлены в виде матрицы инцидентности. Некоторые из задач могут быть структурно идентичны или одинаковы, что позволяет для их решения использовать одинаковые модули (цикличное использование модулей или эксплуатация одного и того же модуля с разными параметрами). Пусть J – число используемых программных модулей. Следовательно, I задач можно разбить на J классов. Через $n_j, j = 1, \ldots, J$ обозначим число задач класса j, а через A_j – множество индексов задач этого класса

$$card\, A_j = n_j, j = 1, \ldots, J. \quad (1)$$

Предполагается, что, учитывая методологию мультиверсионного программирования, имеется K_j версий модуля j, используемого для решения j-го класса задач ($j = 1,\ldots, J$), т. е. степень избыточности может варьироваться в зависимости от критичности задачи или имеющегося набора версий. Для формального описания использования нескольких версий одного программного модуля вводится следующая булева переменная [5; 6]: $X_{ij}^{kj} = 1$, если для решения задачи i класса j используется k_j-я ($k_j = 1, \ldots, Kj$) версия модуля j, и 0 – в противном случае.

Множество $X = \left(X_{ij}^{kj}\right), i = 1, \ldots, I; j = 1, \ldots, J; k_j = 1, \ldots, K_j$ булевых переменных X_{ij}^{kj} называется вектором конфигурации системы и представляет возможный способ назначения версий программных модулей задачам в системе.

Вводятся следующие обозначения:

– R_{kj} – оцениваемая надежность версии k_j модуля j: ($R_{kj} = 1 - P_{kj}$), где P_{kj} – соответствующая функция распределения отказов;

– R_j – оцениваемая надежность отказоустойчивого модуля j как комбинации K_j независимых версий;

– R – оцениваемая надежность всего комплекса ПО.

Условие реализации задачи класса j одной из версий модуля в терминах булевых переменных может быть выражено следующим образом:

$$\sum_{i_j \in A_j} X_{ij}^{kj} = n_j, j = 1, \ldots, J. \quad (2)$$

Тогда задача состоит в максимизации надежности

$$\max R = \prod_{j=1}^{J} R_j, \quad (3)$$

где

$$R_j = 1 - \prod_{k_j=1}^{K_j} \left(1 - R_{kj}\right)^{X_{ij}^{kj}}$$

с дополнительными ограничениями

$$\sum_{i_j \in A_j} X_{ij}^{kj} \geq n_j, j = 1, \ldots, J. \quad (4)$$

Здесь выражение (4) определяет то, что в мультиверсионной системе для некоторой задачи может использоваться более одной версии программного модуля.

С целью описания процессов обслуживания задач в системе вводится так называемый вектор временной развертки (ВВР) набора задач, определяемый как

$$t = \{t_1, \ldots, t_i, \ldots, t_I\},$$

где t_i – момент времени, в который начинается обслуживание i-й ($i = 1, \ldots, I$) задачи. Независимо друг от друга компоненты ВВР должны удовлетворять условиям

$$t_i^l \leq t_i \leq t_i^u \forall i = 1, \ldots, I,$$

где t_i^l и t_i^u – самый ранний и самый поздний моменты времени соответственно, когда может начаться обслуживание задачи i; оба параметра зависят от значений времени выполнения предшествующих задач. Очевидно, что временные критерии улучшаются варьированием параметра t_i в рамках величин t_i^l и t_i^u.

Блок-схема алгоритма формирования ВВР ресурсов изображена на рис. 1. Алгоритм заключается в последовательном переборе всех путей следования в порядке убывания времени их выполнения и обработки каждого модуля в цепочке. Каждый модуль, во-первых, проверяется на его включенность в ВВР, далее определяется временной промежуток, в течение которого предполагается выполнение модуля.

Алгоритм поиска начального и конечного момента времени представлен в виде блок-схемы на рис. 2. В качестве начального момента времени используем момент времени, когда заканчивается выгрузка параметров последних из модулей, от которых зависит текущий. Это соответствует моменту времени, когда мы можем загружать параметры, поэтому мы корректируем начальное время, уменьшая его на время загрузки модуля, которое нам известно заранее [7].

Здесь $\tau^*_i, i = 1 \ldots n_r^m$ – параметры вектора временной развертки; k – версия программного модуля; N_m – программные звенья; n_λ – длина пути; λ_i – номер выполняемого звена; $(a^*)^1_{kj}$ и $(a^*)^1_{ik}$ – элементы матрицы связанности A, структура которой изображена на рис. 3.

Операция считается удачной, если нашлось такое t_{start}, для которого для всех необходимых ресурсов имеется достаточное количество свободного объема до нарушения временного ограничения. В случае, когда время окончания загрузки превышает t_{end}, необходимо исключить из ВВР ресурсов все зависимые от текущего модуля отрезки цепочек, учтенные ранее.

Программный комплекс имеет N_{in} входов и N_{out} выходов, в матрице A в качестве элементов a_{ij} будем использовать структуру $\{in_j, out_i\}$, где in_j – номер входного пара-

метра j-го звена, а out_i – номер выходного параметра i-го звена, если существует передача данных, и {0, 0}, если нет. Полученную матрицу обозначим A_t^*, а обращаться к параметрам in_j и out_i будем при помощи символов $(a_t^*)_{ij}^1$ и $(a_t^*)_{ij}^2$ соответственно. Иначе говоря, мы представляем выходные параметры ПК как задачи, которые могут получить один параметр, но ничего не передают, а входные параметры ПК наоборот передают, но не получают.

Предлагается реализовать следующую процедуру оптимизации расписания задач в мультиверсионной системе путем пошаговой коррекции компонент ВВР. Для этого следует ввести еще один вектор, состоящий из I компонент – вектор реализации (ВР). Компонента h_{ij}^{kj} вектора реализации представляет собой время, необходимое на выполнение задачи i средствами k_j-й версии программного модуля j.

Программные модули назначаются в соответствии со следующими правилами [7]:

1. Реализуемость (выполнимость) прикладного процесса.

2. Коррекция компонент ВВР в ответ на нарушение условия реализуемости.

Кроме учета ограничений стоимостного и временного характера при проектировании оптимального состава ПО следует принимать во внимание ограничения на ресурсы. В общем случае используется предположение о том, что задача использует ресурсы всех необходимых видов на протяжении всего ее выполнения. В работе рассматриваются два вида ресурсов – активные и пассивные. Ресурсы называют активными, если они обладают вычислительными возможностями (процессор, устройства ввода/вывода), в противном случае ресурсы называют пассивными (файлы, архивы, базы данных). Для выполнения любой задачи требуется не менее одного активного ресурса и любое число (как и их полное отсутствие) пассивных ресурсов. Таким образом, пассивные ресурсы должны использоваться вместе с активными. Некоторые виды ресурсов могут использоваться одновременно несколькими задачами, в то время как другие (например, каналы считывания/записи) можно назначать только одной задаче.

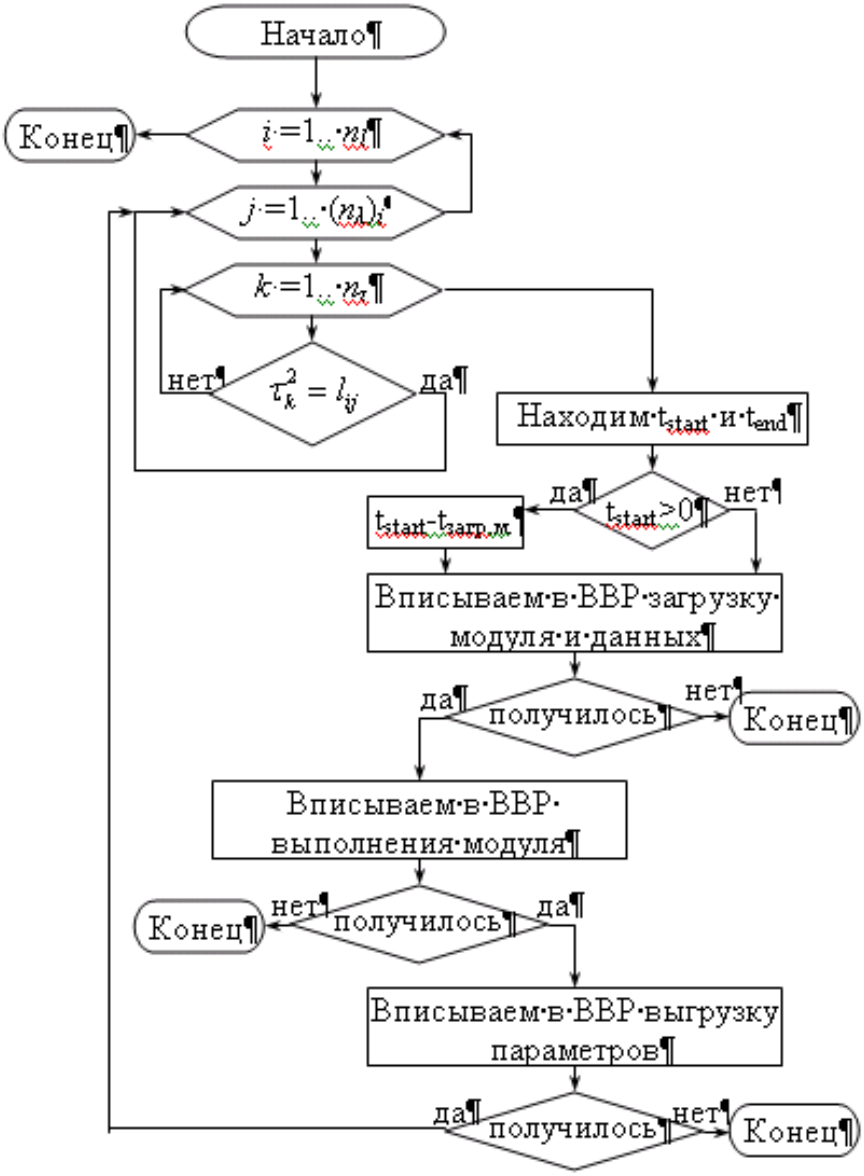


Рис. 1. Обобщенная блок-схема алгоритма формирования ВВР-ресурсов

Основываясь на введенных понятиях, строится один из алгоритмов назначения модулей.

1. Назначаем k_j-й программный модуль для решения задачи $i = 1$ класса j.

2. Проверка процесса на реализуемость:

– если условие выполняется – переход к п. 4;

– если условие не выполняется – переход к п. 3.

3. Коррекция вектора временной развертки:

– если условия выполняются – продолжаем далее по ходу алгоритма;

– если условия не выполняются – переходим к п. 1.

4. Проверка ограничений на число каналов чтения/записи:

– если условия выполняются – переход к п. 5;

– если условия не выполняются – переход к п. 1.

5. Увеличиваем i: ($i = i + 1$) и назначаем k_j-й программный модуль для решения задачи i класса j:

– если $i + 1 \le I$ – переход к п. 2;

– если $i + 1 > I$ – переход к п. 6.

6. Вычисление длительности вычислительного процесса для измененного способа назначения модулей.

Рассматривая в рамках данной процедуры методы оптимизации версионного состава по критерию надежности ПК [7], следует отметить, что описанный выше алгоритм с точки зрения программиста является нереализуемым. Во-первых, символом k_j в работе обозначается номер версии в наборе для модуля j, а не номер модуля, а во-вторых, в алгоритме изменяется только параметр i, а параметр k_j остается неизвестным.

В представленном алгоритме также отсутствует проверка на занятость активных и пассивных ресурсов, не являющихся каналами чтения и записи. Заранее знать временной интервал выполнения каждой задачи не всегда возможно, тем более, если учитывать то, что от на-

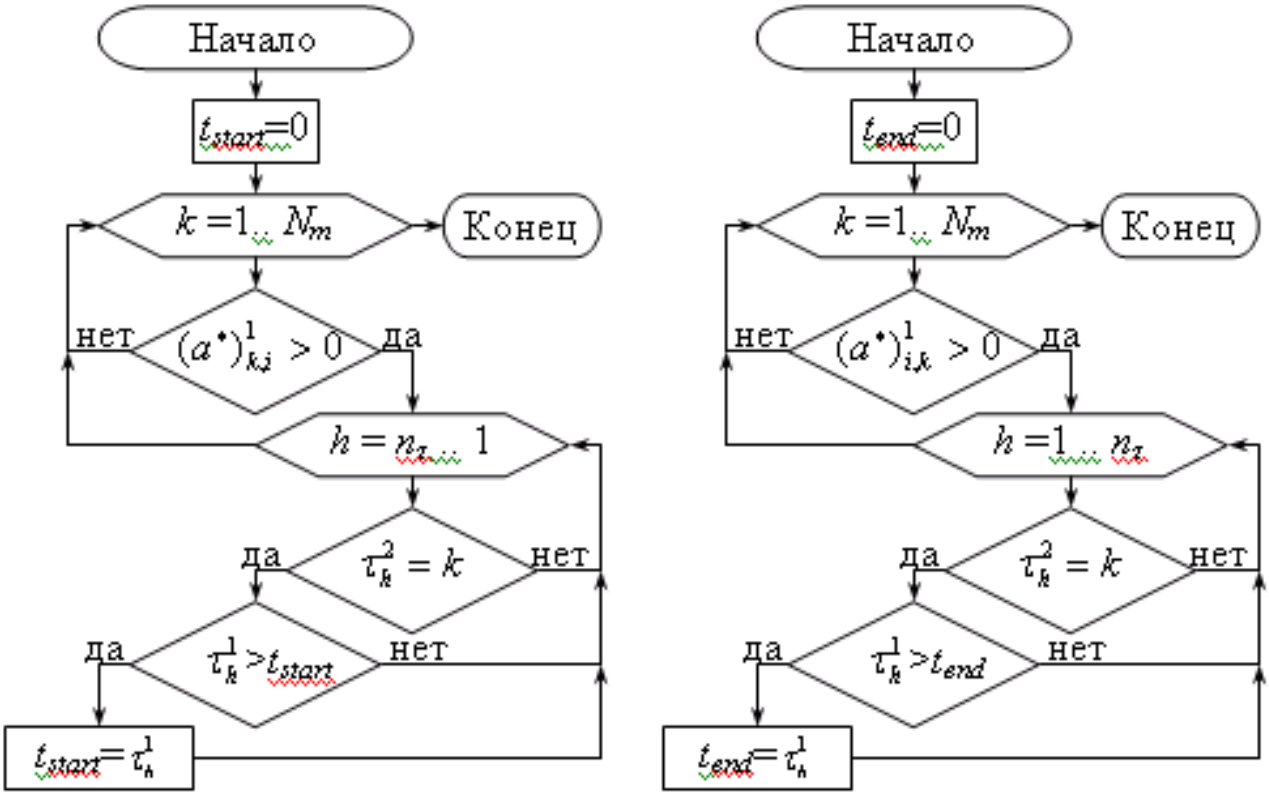


Рис. 2. Блок-схемы алгоритма нахождения t_{start} и t_{end}

		Задачи				Выходные параметры ПК			
		1	2	…	N_t	N_t+1	N_t+2	…	N_t+N_{out}
Задачи	1	$\{in_1, out_1\}$	$\{in_2, out_1\}$	…	$\{in_{Nt}, out_1\}$	$\{1, out_1\}/\{0,0\}$	$\{1, out_1\}/\{0,0\}$	…	$\{1, out_1\}/\{0,0\}$
	2	$\{in_1, out_2\}$	$\{in_2, out_2\}$	…	$\{in_{Nt}, out_2\}$	$\{1, out_2\}/\{0,0\}$	…	…	…
	…	……							
	N_t	$\{in_1, out_{Nt}\}$	$\{in_2, out_{Nt}\}$	…	$\{in_{Nt}, out_{Nt}\}$	$\{1, out_{Nt}\}/\{0,0\}$	$\{1, out_1\}/\{0,0\}$	…	$\{1, out_{Nt}\}/\{0,0\}$
Входные параметры ПК	N_t+1	$\{in_1, 1\}/\{0,0\}$	$\{in_2, 1\}/\{0,0\}$	…	$\{in_{Nt}, 1\}/\{0,0\}$	{0,0}	{0,0}	…	{0,0}
	N_t+2	$\{in_1, 1\}/\{0,0\}$	…	…	…	{0,0}	{0,0}	…	{0,0}
	…	……							
	N_t+N_{in}	$\{in_1, 1\}/\{0,0\}$	…	…	$\{in_{Nt}, 1\}/\{0,0\}$	{0,0}	{0,0}	…	{0,0}

Рис. 3. Структура матрицы связности задач ПК

бора версий напрямую зависит время выполнения задачи.

Таким образом, становится ясным, что основная цель дальнейших исследований – показать возможность и эффективность использования алгоритма формирования ВВР ресурсов при синтезе оптимального состава мультиверсионного ПО.

В заключение следует отметить, что использование ресурсных и временных ограничений при формировании мультиверсионного ПК требует дальнейшего более детального рассмотрения. Рациональное структурное построение программных комплексов гарантирует достаточно полное использование ресурсов ЭВМ. Однако, технологические особенности проектирования ПК, дополняя проблему структурного проектирования ПО, выводят ее в разряд общих проблем разработки методов и автоматизированных систем проектирования сложных программных комплексов.

Библиографический список

1. Майерс, Г. Надежность программного обеспечения / Г. Майерс ; пер. с англ. Ю. Ю. Галимова / под ред. В. Ш. Кауфмана. М. : Мир, 1980.

2. Kovalev, I. System of Multi-Version Development of Spacecrafts Control Software / I. Kovalev. Pro Universitate Verlag Sinzheim, 2001.

3. Avizienis, A. On the Implementation of N-Version Programming for Software Fault Tolerance During Execution / A. Avizienis, L. Chen // Proceedings of the IEEE COMPSAC'77. 1977. P. 149–155.

4. Randell, B. The Evolution of the Recovery Block Concept / B. Randell, J. Xu // Software Fault Tolerance ; ed. by M. R. Lyu. Wiley, 1995.

5. Kovalev, I. Deriving the optimal Structure of N-Version Software under Resource Requirements and Cost/Timing Constraints / I. Kovalev, K.-E. Grosspietsch // Proceedings of Euromicro'2000. Maastricht, 2000. P. 200–207.

6. Kovalev, I. Optimization models for reliability of telecommunication software systems / I. Kovalev, A. Popov, Ju. Shipovalov // Advances in Modeling & Analysis. Series B. 2000. Vol. 43, № 3–4. P. 41–46.

7. Ковалев, И. В. Мультиверсионный метод повышения программной надежности информационно-телекоммуникационных технологий в корпоративных структурах / И. В. Ковалев, Р. В. Юнусов // Телекоммуникации и информатизация образования. 2003. № 2 (15). С. 50–55.

I. A. Kapchinsky, P. V. Kovalev, A. N. Laykov, S. N. Gritsenko

ON MULTIVERSION SOFTWARE FORMATION CONSIDERING THE RESOURCE CONSTRAINTS

The multiversion programming methodology which guarantees that mistakes of one software versions will not lead to infringement of the control process by complex objects where rigid requirements for reliability and autonomy of functioning are typical.

Keywords: optimization, reliability, multiversion programming.

УДК 621.393.3

В. Б. Малинкин, Е. В. Кулясов, Е. В. Малинкин, И. И. Павлов

АСИММЕТРИЧНЫЙ ИНВАРИАНТНЫЙ ЭХО-КОМПЕНСАТОР ВТОРОГО ПОРЯДКА БЕЗ ЗАЩИТНОГО ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Синтезирована структура инвариантного эхо-компенсатора второго порядка без защитного временного интервала. Приведены элементы управления подобным эхо-компенсатором и расчет его основных технических характеристик.

Ключевые слова: инвариантный, эхо-компенсатор, асимметричный, мощность собственных шумов.

Магистральные телекоммуникационные сети в подавляющем большинстве случаев используют волоконно-оптические системы передачи. Однако сдерживающим фактором доведения стандартных потоков до потребителя является так называемая «последняя миля», представленная медным кабелем.

Существующие высокоскоростные технологии доступа используют в оборудовании xDSL-адаптивные эхо-компенсаторы. Принцип их работы основан на моделировании параметров неизвестной системы, а основным недостатком является большая критичность работы к корреляционным связям сигналов двух направлений. В некоторых случаях это может привести даже к срыву работы.

Другой подход к построению адаптивных эхо-компенсаторов состоит в использовании инвариантов. Так, в работах [1; 2] приведены структуры инвариантных эхо-компенсаторов с защитным и временным интервалом и без него. Основным отличием инвариантных эхо-компенса-

торов от классических является то, что управление инвариантных эхо-компенсаторов производится сигналами передачи, в то время как управление классического эхо-компенсатора осуществляется по сигналу ошибки.

Данная статья посвящена результатам синтеза инвариантного эхо-компенсатора второго порядка.

Постановка задачи. Имеется канал связи (эхо-тракт), отвечающий условию стационарности. Канал ограничен полосой пропускания с нижней $f_н$ и верхней $f_в$ частотами. Необходимо синтезировать алгоритм функционирования инвариантного эхо-компенсатора второго порядка.

Теоретические положения. Если канал связи (эхо-тракт) отвечает условию стационарности, то мы можем записать следующее равенство:

$$H_{i-1}(z) = H_i(z) = H_{i+1}(z) = H_{i+2}(z), \qquad (1)$$

где $H_i(z)$ – z-изображение передаточной характеристики эхо-тракта на i-м блоке обработки.

В [3] доказано, что если на вход двух параллельно работающих линейных цифровых фильтров поступает одинаковый сигнал $V(Z)$, то отношения z-изображений на соседних блоках обработки на выходах этих цифровых фильтров будут

$$\frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)} : \frac{S_{i-1}(z)}{S_{i-2}(z)} = \frac{\Pi_i(z)}{\Pi_{i-1}(z)} : \frac{\Pi_{i-1}(z)}{\Pi_{i-1}(z)}, \qquad (2)$$

где $S_i(z)$, $S_{i-1}(z)$, $S_{i-2}(z)$ – z-изображение сигнала на выходе дополнительного цифрового фильтра соответственно на i-м, $(i-1)$ и $(i-2)$ блоках обработки при входном воздействии, равном $V_i(Z)$, $V_{i-1}(Z)$, $V_{i-2}(Z)$, $\Pi_i(z)$, $\Pi_{i-1}(z)$, $\Pi_{i-2}(z)$ – z- изображение эхо-сигнала соответственно на i-м, $(i-1)$ и $(i-2)$ блоках обработки при входном воздействии, равном $V_i(Z)$, $V_{i-1}(Z)$, $V_{i-2}(Z)$.

Будем считать каскадное соединение передающего устройства и эхо-тракта цифровым фильтром (ЦФ), формирующим $\Pi(Z)$. Дополнительный цифровой фильтр, включенный параллельно передающему устройству, формирует сигналы $S(Z)$.

Равенство (2) не накладывает ограничений на сигнал передачи $V(Z)$ и позволяет передавать его без защитного временного интервала.

В свою очередь равенство (2) распадается на следующие равенства [3]:

$$\left.\begin{aligned} \hat{\Pi}_i(z) &= \Pi_{i-1}(z)\frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)}, \\ \hat{\Pi}_i(z) &= \Pi_{i-2}(z)\frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)}\frac{S_{i-1}(z)}{S_{i-2}(z)}, \\ \Pi_i(z) &= \frac{1}{2}\hat{\Pi}_i(z) + \frac{1}{2}\hat{\Pi}_i(z). \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Равенство (3) является основой для синтеза инвариантного эхо-компенсатора второго порядка, при этом оценки эхо-сигналов на предыдущих блоках обработки могут быть использованы для расчета величины эхо-сигнала на текущем блоке обработки.

В отличие от классического эхо-компенсатора, инвариантный эхо-компенсатор включен перед приемным устройством (рис. 1). Управление этим компенсатором производится от сигналов передачи $S(z)$. Это обстоятельство приводит к тому, что его технические характеристики не будут зависеть от корреляционных связей сигналов двух направлений, поэтому инвариантный эхо-компенсатор для эхо-сигналов является своеобразным фильтром-пробкой, а для сигналов приема – четырехполюсником, вносящим минимальные амплитудно- и фазочастотные искажения.

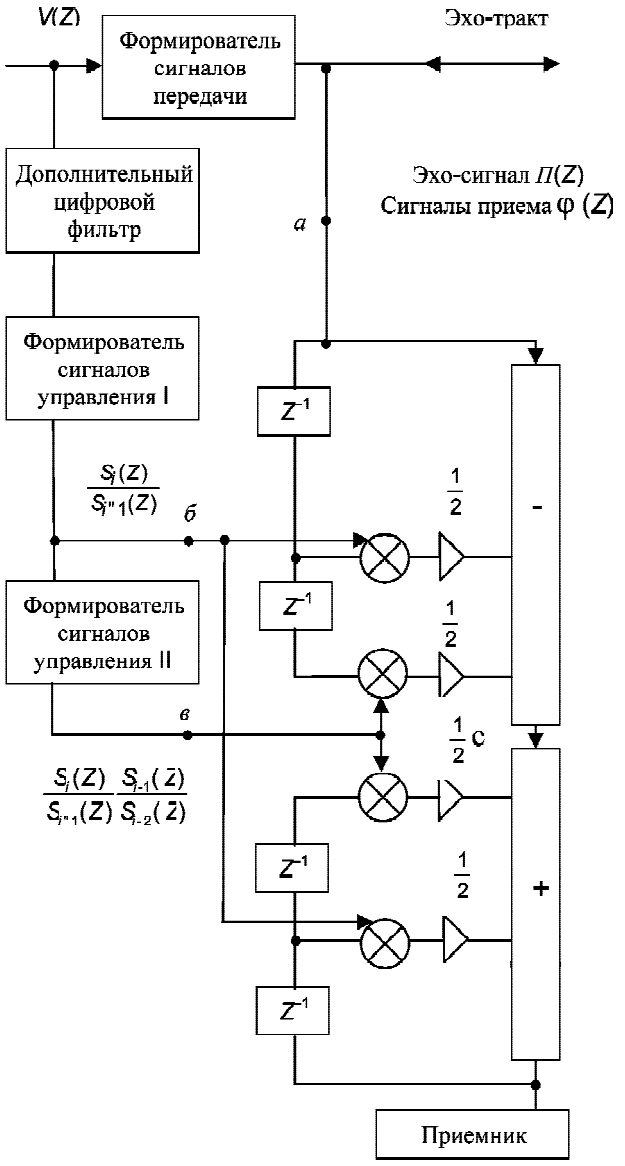


Рис. 1. Структура инвариантного эхо-компенсатора второго порядка

Характеристика инвариантного эхо-компенсатора определяется на основе законов цифровой фильтрации [4]:

$$H(z) = \frac{1 - \frac{1}{2}M_1(z)z^{-1} - \frac{1}{2}M_2(z)z^{-2}}{1 - \frac{1}{2}M_1(z)z^{-1} - \frac{1}{2}M_2(z)z^{-2}C}, \qquad (4)$$

где $M_1(z) = \frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)}$ – 1-й управляющий коэффициент; $M_2(z) = \frac{S_i(z)}{S_{i-1}(z)} \cdot \frac{S_{i-1}(z)}{S_{i-2}(z)}$ – 2-й управляющий коэффициент; $S_i(z)$ – z-изображение сигнала передачи на i-м блоке обработки; $C < 1$ – дополнительный аттенюатор, включенный в рекурсивную цепь.

Для устойчивой работы предлагаемой структуры необходимо, чтобы полюсы передаточной характеристики находились внутри единичного круга, тогда

$$\left.\begin{aligned} M_1(z) \le 1, \\ M_2(z) \le 1. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

При выбранной разрядности, равной m, максимальные значения $M_1(z)$ и $M_2(z)$ равны 2^m. Но при таких значениях управляющих коэффициентов работа инвариантного эхо-компенсатора будет неустойчивой.

Одним из возможных путей обеспечения устойчивой работы инвариантного эхо-компенсатора является нормирование управляющих сигналов и эхо-сигналов совместно с сигналами приема. Это приведет к использованию дополнительных масштабирующих четырехполюсников, которые необходимо включить, во-первых, перед входом самого инвариантного эхо-компенсатора (точка *а* на рис. 1), во-вторых, на входах формирователей управляющих сигналов (точки *б* и *в*).

Другой путь обеспечения устойчивости инвариантного эхо-компенсатора второго порядка – это преобразование рекурсивной части в нерекурсивный цифровой фильтр. Из теории цифровой фильтрации известно, что любой рекурсивный цифровой фильтр может быть преобразован в нерекурсивный цифровой фильтр таким образом:

$$\frac{1}{1-\frac{1}{2}M_1(Z)Z^{-1}-\frac{1}{2}M_2(Z)C\cdot Z^{-2}} = 1+\sum_{i=1}^{k} Q_i(Z)Z^{-i}, \quad (6)$$

где k – количество отводов. Тогда для первых пяти отводов преобразованной структуры $Q_i(Z)$ будут иметь следующие значения:

$$Q_1(Z)=\frac{1}{2}M_1(Z),$$

$$Q_2(Z)=\frac{1}{4}M_1^2(Z)+\frac{1}{2}M_2(Z)C,$$

$$Q_3(Z)=\frac{1}{2}M_1(Z)M_2(Z)C+\frac{1}{8}M_1(Z),$$

$$Q_4(Z)=\frac{1}{4}M_2^2(Z)C^2+$$

$$+\frac{3}{8}M_1^2(Z)M_2(Z)C+\frac{3}{16}M_1^3(Z),$$

$$Q_5(Z)=\frac{3}{8}M_1(Z)M_2^2(Z)C^2+$$

$$+\frac{1}{16}M_2(Z)M_1^2(Z)C+$$

$$+\frac{3}{16}M_1^3(Z)M_2(Z)C+\frac{1}{32}M_1^4(Z).$$

Преобразованная структура инвариантного эхо-компенсатора состоит из двух каскадно соединенных цифровых фильтров (рис. 2). В первом фильтре производится компенсация эхо-сигналов, во втором фильтре осуществляется восстановление сигналов приема. Следует заметить, что фазочастотная характеристика этих цифровых фильтров будет линейной [4].

Технические характеристики инвариантного эхо-компенсатора. Для определения технических характеристик разработанного инвариантного эхо-компенсатора – цифрового фильтра высоких частот (ЦФВЧ-2) – будем полагать, что $M_1(z) = M_2(z) = 1$. Тогда передаточная характеристика будет

$$H(z)=\frac{1-\frac{1}{2}z^{-1}-\frac{1}{2}z^{-2}}{1-\frac{1}{2}z^{-1}-\frac{1}{2}z^{-2}C}. \quad (7)$$

Разложим $H(z)$ на две передаточные функции первого порядка:

$$H(z)=H_0(z)H_1(z)=\frac{1+\frac{1}{2}z^{-1}}{1-B_0z^{-1}}\frac{1-z^{-1}}{1-B_1z^{-1}}, \quad (8)$$

где B_0 и B_1 – полюсы передаточной функции:

$$B_0=\frac{1}{4}-\frac{1}{4}\sqrt{1+8C},$$

$$B_1=\frac{1}{4}+\frac{1}{4}\sqrt{1+8C}.$$

Импульсная реакция ЦФВЧ-2 определяются сверткой $h_0(nT)$ и $h_1(nT)$.

Общая величина собственного шума ЦФВЧ-2 задается известным соотношением [4]:

$$\sigma_c^2=\frac{\Delta_0^{\,2}}{12}\sum_{n=0}^{N-1}h^2(nT)+\frac{\Delta^2}{12}\sum_{j=1}^{M}\sum_{n=0}^{N-1}h_j^2(nT), \quad (9)$$

где Δ – шаг квантового входного слова; Δ_0 – шаг квантового входного слова в ЦФВЧ-2; $h(nT)$ – импульсная реакция ЦФВЧ-2; $h_j(nT)$ – импульсная реакция от j-го источника шума в ЦФВЧ-2 до выхода.

Найдем значения отдельных составляющих равенства (9), используя неравенство Коши–Буняковского

$$\sum_{n=0}^{N-1}h^2(nT)=\sum_{n=0}^{N-1}\left[h_0(nT)*h_1(nT)\right]^2 \le \le \sum_{n=0}^{N-1}\left[\sum_{n=0}^{N-1}h_0(nT)\right]^2\left[\sum_{n=0}^{N-1}h_1(nT)\right]^2, \quad (10)$$

где символом $*$ обозначена операция свертки.

Опуская промежуточные выкладки, приведем окончательный результат:

$$\sum_{n=0}^{N-1}h^2(nT)=\left[\frac{(B_0+\frac{1}{2})(B_0^{N-2}-1)}{(B_0^2-1)}\right]^2 \times \times\left[\frac{(B_1-1)(B_1^{N-2}-1)}{(B_1^2-1)}\right]^2. \quad (11)$$

Для простоты вычисления второго слагаемого в выражении (9) будем полагать, что все импульсные реакции от j-го источника шума до выхода равны между собой и определяются величиной $h(nT)$. Тогда второе слагаемое выражения (9) (с учетом неравенства Коши–Буняковского) будет иметь вид

$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{n=0}^{N-1}\left[h_j(nT)\right]^2=5\sum_{n=0}^{N-1}h^2(nT).$$

Если $\Delta=\Delta_0$, то выражение (9) упрощается:

$$\sigma_c^2 \le \frac{\Delta^2}{2}\left[\frac{(B_0+\frac{1}{2})(B_0^{N-2}-1)}{(B_0^2-1)}\right]\times \qquad (12)$$
$$\times\left[\frac{(B_1-1)(B_1^{N-2}-1)}{(B_1^2-1)}\right]^2.$$

Подставляя значения полюсов B_0 и B_1 в уравнение (12), окончательно получим (при $N \ge 1\,000$)

$$\sigma_c^2 \le \frac{\Delta^2}{2}\frac{(5+4C+\sqrt{1+8C})^2}{(6+5C)^2}. \qquad (13)$$

Величина шума недокомпенсации в инвариантном эхо-компенсаторе будет

$$\sigma^2_{\text{инв.н}} = \sigma^2_{\text{к.с}} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT), \qquad (14)$$

где $h(nT)$ – импульсная реакция инвариантного эхо-компенсатора второго порядка; $\sigma^2_{\text{к.с}}$ – мощность шума канала связи. При $M_1(Z) = M_2(Z) = 1$ величина $\sum_{n=0}^{\infty} h^2(nT) \approx 1,003$.

Эффективность работы любого метода обработки сигналов принято сравнивать с эффективностью работы известных методов. В качестве аналога воспользуемся характеристиками классического алгоритма Уидроу, который реализован в оборудовании xDSL. Проведем сравнение по величине собственного шума и величине недокомпенсации эхо-сигнала.

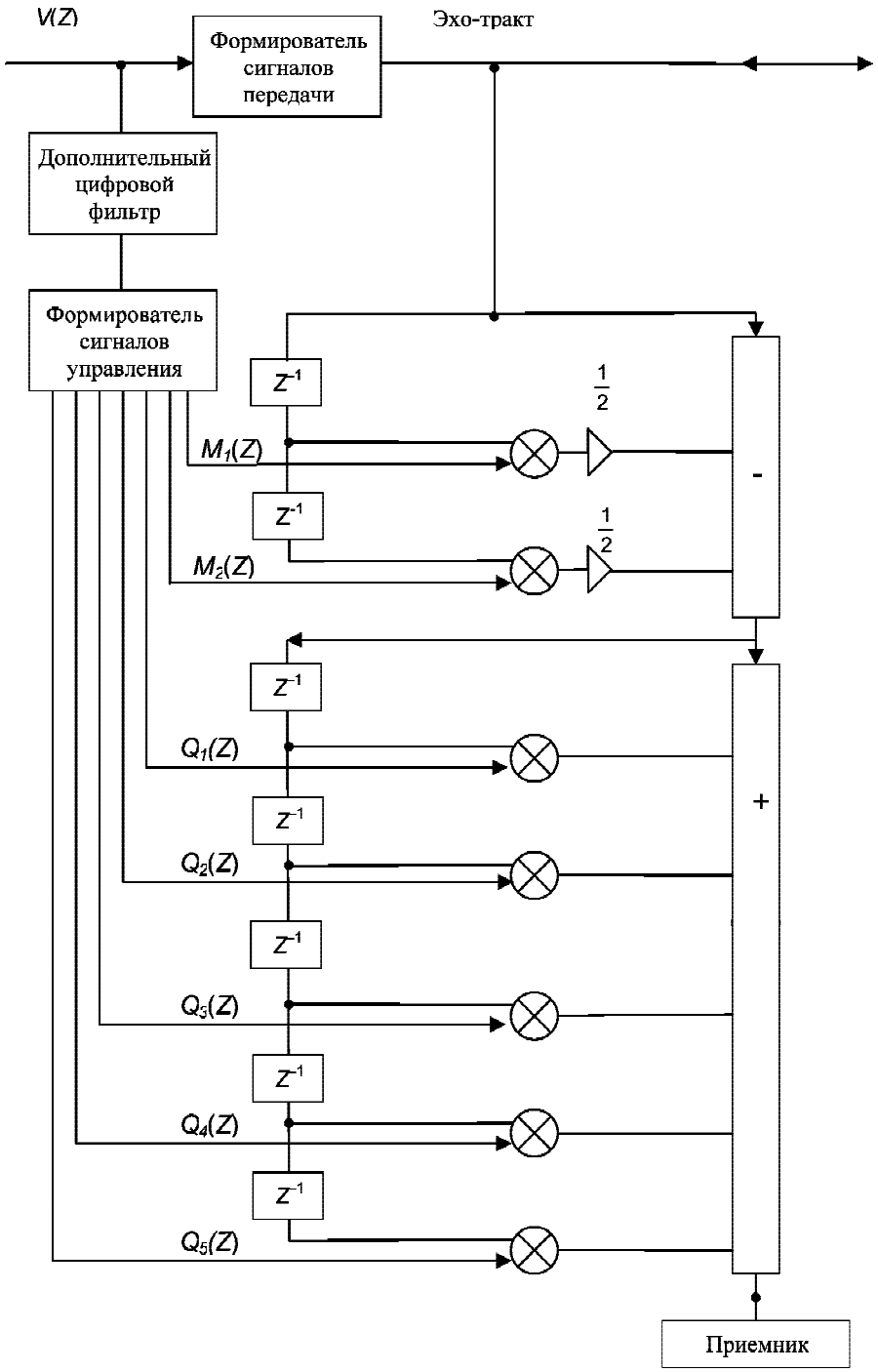


Рис. 2. Преобразованная структура инвариантного эхо-компенсатора второго порядка

В алгоритме Уидроу адаптивный фильтр (АФ) включается параллельно передающему устройству и моделирует параметры неизвестной системы, т. е. эхо-тракта. Импульсная реакция адаптивного фильтра зависит от подключаемого канала (линии) и может быть произвольной. Для простоты выкладок будем полагать, что импульсная реакция адаптивного фильтра описывается отсчетами однородного цифрового фильтра:

$$h_{\text{АФ}}(nT) = \left\{1; c; c^2; \ldots; c^n\right\}, \quad (15)$$

где c – коэффициент передачи второго отвода адаптивного фильтра, $c < 1$.

Для вычисления величины собственных шумов адаптивного фильтра воспользуемся выражением (9). Будем считать, что разрядность входного слова Δ_0 и разрядность обработки Δ в адаптивном фильтре равны. Помимо этого будем считать, что импульсные реакции $h_j(nT)$ от j-го источника шума в адаптивном фильтре равны между собой и определяются импульсной реакцией всего адаптивного фильтра $h_{\text{АФ}}(nT)$. Опуская промежуточные преобразования, окончательно получаем аналитическое выражение по расчету величины собственных шумов в классическом алгоритме Уидроу:

$$\sigma^2_{\text{АФс}} = (N+1)\frac{\Delta^2}{12}\frac{1-c^{2n}}{1-c^2}, \quad (16)$$

где N – количество отводов адаптивного фильтра; $n = \{0;1; \ldots; \infty\}$ – шаг наблюдения; c – коэффициент передачи второго отвода адаптивного фильтра; Δ – шаг квантования, $\Delta = \frac{1}{2^m}$, здесь m – разрядность обработки.

А теперь оценим величину шума недокомпенсации на выходе в классическом алгоритме Уидроу, которая обусловлена воздействием шума канала связи [5]:

$$\sigma^2_{\text{АФн}} = \frac{\gamma \cdot N \cdot R}{\left|2 - \gamma \cdot N\right|}, \quad (17)$$

где γ – шаг подстройки (в относительных величинах), $\gamma \in \{0; 1\}$; N – количество отводов в адаптивном фильтре; $R = \sum_{n=N+1}^{\infty} h^2_{\text{АФ}}(nT) + \sigma^2_{\text{к.с}}$, здесь $\sum_{n=N+1}^{\infty} h^2_{\text{АФ}}(nT)$ учитывает шумы работы адаптивного фильтра из-за усечения его импульсной реакции до величины N; $\sigma^2_{\text{к.с}}$ – мощность шума канала связи.

На входе приемного устройства, т. е. на выходе вычитателя, в классическом алгоритме величина шума канала связи удваивается. Это обусловлено тем, что шум недокомпенсации $\sigma^2_{\text{АФн}}$ и шум канала связи $\sigma^2_{\text{к.с}}$ является не коррелированными.

Величина выигрыша в относительных величинах составляет

$$\Delta A = 10 \lg \frac{\sigma^2_{\text{АФ}}}{\sigma^2}, \quad (18)$$

где σ^2 определяет либо величину собственного шума, либо величину шума недокомпенсации в инвариантном эхо-компенсаторе; $\sigma^2_{\text{АФ}}$ определяет либо величину собственного шума, либо величину шума недокомпенсации в алгоритме Уидроу.

Для $c = 0{,}9$, $N = 100$, $n = 1\ 000$, $m = 12$ величина $\Delta A_{\text{с}}$ равна 21,79 дБ.

Аналогично для $c = 0{,}9$, $N = 100$, $\gamma = 0{,}05$, $P_{\text{ш.к.с}} = -40$дБ величина $\Delta A_{\text{н}}$ будет равна 5,3 дБ.

Полученный результат объясняется несколькими причинами:

– во-первых, инвариантный эхо-компенсатор управляется сигналом передачи, классический же эхо-компенсатор управляется сигналом ошибки с выхода вычитателя;

– во-вторых, инвариантный эхо-компенсатор использует отсчеты помехи, взятые непосредственно из канала связи, а классический эхо-компенсатор производит расчет оценки эхо-сигнала искусственно;

– в-третьих, работа инвариантного эхо-компенсатора не зависит от корреляционных связей сигналов двух направлений.

Таким образом, синтезирована структура инвариантного эхо-компенсатора второго порядка, который может найти применение в системах телекоммуникаций и управления объектами. Доказана эффективность работы этого компенсатора.

Библиографический список

1. Левин, Д. Н. Инвариантный эхо-компенсатор с защитным временным интервалом / Д. Н. Левин, В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов // Электросвязь. 2008. № 2. С. 48–49.

2. Малинкин, В. Б. Инвариантный эхо-компенсатор без защитного временного интервала / В. Б. Малинкин, Д. Н. Левин, С. С. Абрамов // Научный вестник НГТУ. 2007. № 2. С. 25–29.

3. Малинкин, В. Б. Повышение помехоустойчивости модифицированных фильтров Калмана в относительных компенсационных методах : дис. ... д-ра техн. наук / В. Б. Малинкин. Омск, 2003.

4. Гольденберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов / Л. М. Гольденберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. М. : Радио и связь, 1990.

5. Mueller, K. A new digital echo canceller for two-wire full duplex data transmission / K. Mueller // IEEE Trans. on comm. 1976. Vol. 24, № 9. P. 956–962.

V. B. Malinkin, E. V. Kulyasov, E. V. Malinkin, I. I. Pavlov

ASYMMETRIC INVARIANT ECHO-CANCELLER OF THE SECOND ORDER WITHOUT PROTECTIVE TIME INTERVAL AL AND ITS CHARACTERISTICS

The structure of invariant echo-canceller of the second order without protective time interval is synthesized. The controls elements similar to echo-canceller are given. The calculation of the main technical characteristics is shown.

Keywords: invariant, echo-canceller, asymmetric, power of intrinsic noise.

УДК 004.415.2.052.03

И. В. Ковалев, П. В. Ковалев, В. С. Скориков, С. Н. Гриценко

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ МУЛЬТИВЕРСИОННЫХ ПРОГРАММ НА КЛАСТЕРЕ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ

Эффективность использования неспециализированного гетерогенного кластера для реализации мультиверсионного программного обеспечения напрямую зависит от умения учитывать и планировать его нагрузку. Повысить точность прогнозирования времени выполнения мультиверсионных программ позволяют стохастические методы оценки времени их выполнения. В качестве математической основы для такой оценки предлагается применение GERT-сетей.

Ключевые слова: кластер, надежность, мультиверсионное программирование.

Методология мультиверсионного программирования подразумевает параллельное выполнение набора программ (мультиверсий) с последующим голосованием и принятием решения о правильности выполнения задачи (или алгоритма). Параллельные вычисления способны улучшить реализацию мультиверсионного программного обеспечения (ПО) и решить часть проблем, связанных с временными и ресурсными ограничениями вычислительных средств отказоустойчивых информационно-управляющих систем [1–5]. В данной статье представлен один из способов оценки времени выполнения вычислений для самой простой и дешевой архитектуры суперкомпьютера – кластера.

Под *кластером* будем понимать связанный набор полноценных компьютеров, используемый в качестве единого ресурса. *Полноценный компьютер* – это завершенная компьютерная система, обладающая всем необходимым для ее функционирования, включая процессоры, память, подсистему ввода-вывода, а также операционную систему, подсистемы, приложения и т. д. А *единый ресурс* означает наличие программного обеспечения, дающего возможность пользователям, администраторам и даже приложениям считать, что имеется только одна сущность – кластер [4]. Наиболее популярными (в частности, в России) сейчас являются библиотеки MPI, PVM и DVM [5; 6]. Тесты производительности кластеров, приведенных в [6], показывают, что библиотека MPI обладает наибольшей производительностью при использовании детерминированных схем вычислений. Однако узкими местами данной библиотеки являются трудоемкость разработки и отсутствие устойчивости к программно-аппаратным отказам. В случае сбоя вычисления возобновляются с последней контрольной точки (если это было учтено при разработке). Таким образом, кластер, работающий с библиотекой MPI, должен обладать высокой стабильностью работы. Таким требованиям отвечают специализированные кластеры, список которых представлен в [6].

Для расчета в гетерогенных кластерных системах, а также в кластерах, не обладающих высокой надежностью узлов и отказоустойчивостью при различных сбоях, используются библиотеки типа Condor. В частности, эти библиотеки применяют в составе единого кластера узлы, не только различающиеся в аппаратной части, но и работающие в разных операционных системах. Таким образом, библиотека Condor позволяет использовать для вычислений существующую компьютерную технику и уже имеющиеся коммуникации, тем самым существенно удешевляя стоимость создания кластера [5; 7–9].

В данной статье будут рассмотрены два метода аналитической оценки времени выполнения мультиверсионной программы в подобных кластерах [10].

Постановка задачи. Ниже мы будем рассматривать вариант организации параллельных вычислений для алгоритма перемножения двух матриц размерности $N \times N$ на K процессорах, описываемый для узла процессора следующим образом:

1) получение первой матрицы;

2) получение полосы от второй матрицы (вторая матрица режется на полосы для каждого из узлов);

3) вычисление полосы результирующей матрицы;

4) возврат данных.

Аппаратные реализации кластера могут быть весьма разнообразны [11]. Ниже будут представлены два варианта: кластер с последовательной архитектурой обмена данными (последовательной шиной передачи данных) (рис. 1) и кластер с параллельной архитектурой обмена данными (параллельной шиной передачи данных) (рис. 2).

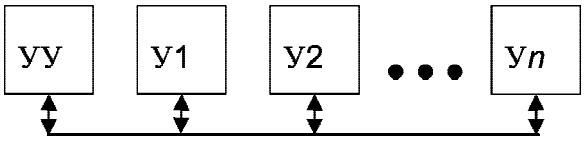


Рис. 1. Кластер с последовательной шиной передачи данных

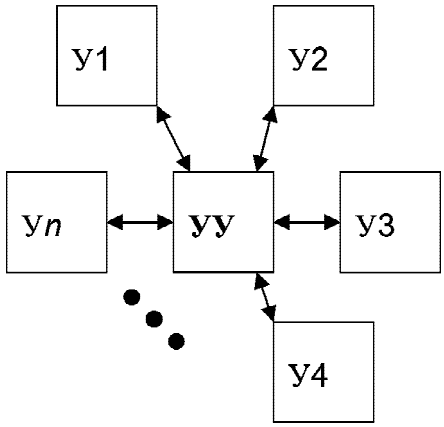


Рис. 2. Кластер с параллельной шиной передачи данных

Принципиальным отличием данных архитектур является то, что в первом случае узлы получают задание по очереди, друг за другом, тогда как во втором – одновременно. И в том, и другом случае кластер обладает одним управляющим узлом (УУ) и несколькими вычисляющими (Уn)

Детерминированная оценка времени выполнения вычислений. Будем оценивать время вычисления произведения двух матриц большой размерности при условии отсутствия сбоев в работе кластера. Используем следующие данные:

– размерность матрицы N – 10 000;

– производительность узла H – 1,00E + 09 тактов в 1 с;

– производительность сети F – 6,00E + 06 б/с;

– количество байт на число D – 8;

– тактов на операцию *Tick* – 30.

Размерность матрицы N была выбрана таким образом, чтобы вычисления были ощутимы по времени. Оценочные измерения проводились на P-III 1000 Mhz. Поэтому производительность узла H выбрана 1e + 9. Очевидно, что производительность является не единственным фактором, влияющим на скорость вычисления с такими большими массивами данных, поэтому опытным путем был рассчитан коэффициент тактов на операцию *Tick* (оценка производилась на восьми компьютерах с различной конфигурацией).

Под *операцией* будем понимать вычисление базового выражения $c_{i,j} = c_{i,j} + a_{i,k} \cdot b_{k,j}$. Количество байт на число D – это объем памяти, необходимый для хранения одного вещественного числа. Производительность сети F соответствует скорости передачи данных в сети 100 Мб.

Будем считать, что все вычисления выполняются в памяти компьютера без использования файла подкачки.

Время вычисления на одной ЭВМ

$$T\_one = N^2 \cdot N \cdot Tick / H = 30\,000 \text{ с (примерно 8,3 ч).}$$

Формулы оценки времени вычислений на кластере с *последовательной шиной* передачи данных будут следующие:

$$No = (N^2 / K)\, N,$$

$$SN = N^2 + N^2/K,$$

$$RN = N^2/K,$$

$$To = No \cdot Tick / H,$$

$$St = SN \cdot D / F,$$

$$ST = St \cdot K,$$

$$Rt = RN \cdot D / F,$$

$$T = To + ST + Rt,$$

где No – количество операций на узле; SN и RN – количество чисел, переданных узлу и возвращенных узлом соответственно; To – время вычисления на узле; St и Rt – время передачи данных узлу и от узла соответственно; ST – совокупное время передачи данных (время, через которое последний узел в очереди приступит к вычислениям); T – общее время вычисления на кластере.

Таким образом, мы можем вычислить коэффициент ускорения вычислений $Kt = T\_one / T$ и коэффициент эффективности использования процессоров $Ke = Kt / (K + 1)$. В предельном случае, если считать временные потери на передачу данных равными 0, $Kt = K$ и $Ke = K /(K + 1)$.

Результаты вычислений на кластере с последовательной архитектурой передачи данных для разного количества процессоров (узлов) представлены в [10].

Формулы для оценки времени выполнения мультиверсионной программы на кластере с параллельной шиной передачи данных совпадают с формулами оценки времени последовательных вычислений, за исключением совокупного времени передачи данных *ST*, которое в этом случае равно *St*. Результаты вычислений на кластере с параллельной архитектурой передачи данных для разного количества процессоров (узлов) приведены в [11]. В этой же работе сделаны следующие выводы:

– для последовательной шины передачи данных существует так называемая точка насыщения – количество процессоров, дающих наименьшее время вычисления. Дальнейшее увеличение количества процессоров не увеличивает производительность кластера, а уменьшает ее. Причина очевидна: время, необходимое на передачу данных узлам кластера, оказывается значительнее времени полезного счета. В нашем случае показатель $K = 15$;

– для параллельной шины передачи данных такой точки насыщения нет, так как $T(K)$ – монотонно убывающая функция при K, стремящемся к бесконечности;

– для последовательной и параллельной шин существует такое значение K, при котором все узлы используются наиболее эффективно. При дальнейшем увеличении количества процессоров прирост производительности будет постоянно снижаться.

Обобщением этих выводов является закон Амдала [1; 6; 8–11]. Однако полученные результаты имеют два отличия, связанные с архитектурными особенностями кластера: во-первых, в качестве времени вычисления на одном компьютере учитывается время на загрузку данных для расчетов; во-вторых, при расчете коэффициента эффективности использования процессоров не учитывается применение выделенного управляющего узла кластера.

Оценка времени выполнения вычислений при помощи стохастической сети. Одной из главных проблем выполнения мультиверсионного ПО и, следовательно, параллельных вычислений является надежность всех узлов системы и стоимость этой надежности. Технология Condor позволяет использовать в составе вычислительного кластера произвольные компьютеры, объединенные в единый пул. Более того, вычисления могут производиться во время простоя (*Idle*) компьютера, т. е. когда пользователь не проявляет активности. В случае если вычисления были прерваны (при перезагрузке, прерывании вычислений и пр.), задача переносится на другой узел. Для простоты оценки будем считать, что вычислительная система состоит из одинаковых узлов, хотя данный метод легко переносится и на гетерогенный кластер.

Для оценки используем стохастические GERT-сети [7; 10–12]. Под *стохастической сетью* будем понимать ориентированный граф $G = (N, A)$ с узлами определенного типа. Узлы стохастической сети могут быть интерпретированы как состояния системы, а дуги – как переходы из одного состояния в другое. Каждый внутренний узел

состоит из двух функций: входной и выходной. Входная функция отвечает за условие активации узла, а выходная – за результат его активации. Начальные узлы (источники) выполняют только функцию выхода, а конечные узлы (стоки) – только функцию входа. Типы входных и выходных функций рассмотрены в [7; 10; 12].

Произведем оценку среднего времени выполнения вычислений на кластере, допускающем отказ его узлов. Рассмотрим стохастическую схему выполнения вычислений (рис. 3).

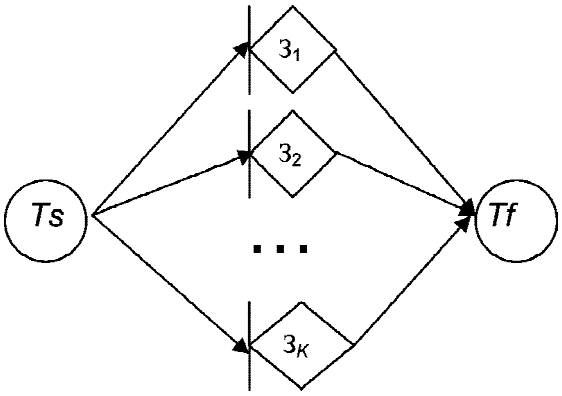


Рис. 3. Стохастическая схема вычислений

Каждая задача $З_i$ вычисляется на отдельном узле, который функционирует следующим образом (рис. 4).

Номера узлов графа на этой схеме соответствуют состояниям узла кластера, а дуги – действиям (табл. 1).

Данная сеть удовлетворяет свойствам A1...A6 [12], следовательно она является допустимой GERT-сетью, но не является EOR-сетью из-за AND-функции входа у стока, которая существенно усложняет вычисления и ограничивает применение методов расчета [10; 12]. Однако мы можем разбить GERT-сеть на подсети и вычислить ожидаемое время выполнения стока *Tf* как

$$E(Tf) = \max E(T_{3i})$$

для всех *i* от 1 до *K*.

Полученные подсети являются STEOR GERT-сетями, для которых существуют достаточно простые алгоритмы вычисления времени выполнения сети.

Для расчета характеристик сети воспользуемся алгоритмом, предложенным в [7].

Произведем расчет математического ожидания и дисперсии времени выполнения стохастической сети *N*. Для расчета добавим обратную дугу $A = <5, 1>$ (рис. 5).

Запишем для этой сети топологическое уравнение Мейсона (или правило Мейсона):

$$W_{\text{E}} = \frac{1}{W_A},$$

$$H = 1 - W_0W_1W_2W_5 / W_E - W_1W_3W_4 = 0,$$

$$W_E(s) = \frac{W_0W_1W_2W_5}{1 - W_1W_3W_4}.$$

Пусть

$$Q_1(s) = W_0W_1W_2W_5,$$
$$Q_2(s) = W_1W_3W_4.$$

Тогда

$$W_E = \frac{Q_1}{1 - Q_2},$$

$$\mu_{1E} = \frac{\partial^1}{\partial s^1} M_E(s) = \frac{1}{W_E(0)} \frac{Q_1'(1 - Q_2) + Q_1Q_2'}{(1 - Q_2)^2},$$

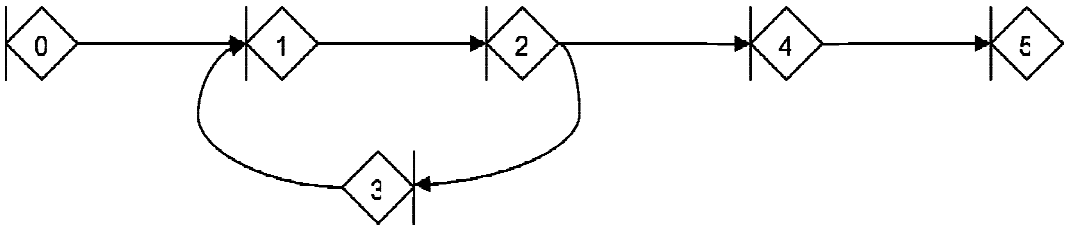


Рис. 4. Схема функционирования узла (обозначения см. в тексте)

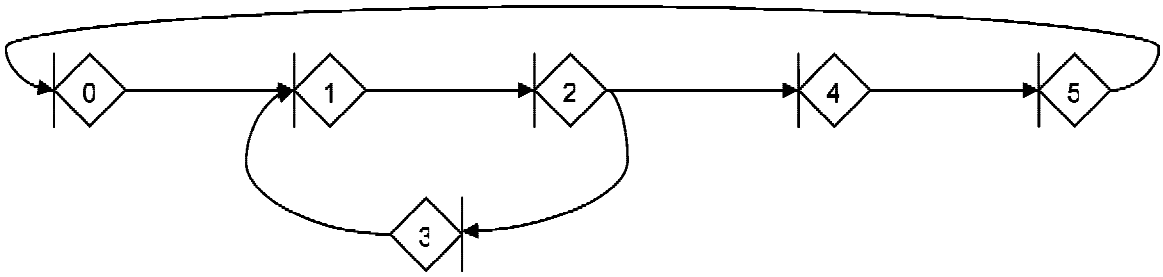


Рис. 5. Измененная GERT-сеть

Таблица 1

№ действия	Действие	Описание
0	<0, 1>	Ожидание в очереди момента получения данных
1	<1, 2>	Получения данных с головного узла кластера (ГУК)
2	<2, 4>	Выполнение вычислений, завершившихся успехом
5	<4, 5>	Возврат данных
3	<2, 3>	Ошибка в ходе выполнения вычислений
4	<3, 1>	Устранение сбоя или замена компьютера

$$\mu_{2E} = \frac{\partial^2}{\partial s^2} M_E(s) = \frac{1}{W_E(0)} \times$$

$$\times \frac{(Q_1''(1-Q_2) + Q_1 Q_2'')(1-Q_2) + 2Q_2'(Q_1'(1-Q_2) + Q_1 Q_2')}{(1-Q_2)^3},$$

$$E_E = \mu_{1E},$$

$$\sigma_E = \sqrt{\mu_{2E} - \mu_{1E}^2}.$$

ведем *W*-функции для рассматриваемой нами GERT-сети. С этой целью введем переменную, характеризующую среднее время безотказной работы узла кластера $T_р$. Для разных кластеров эта величина различна, но именно она вносит недетерминированность в метод оценки времени выполнения расчетов.

Приведем таблицу вероятностей перехода и распределений в GERT-сети [2] (табл. 2).

Тогда имеем табл. 3.

Оценим полученные нами параметры применительно к задаче перемножения двух больших матриц. Предположим, что исследуемый кластер основан не на выделенных машинах, а на классе общего доступа университета, и время непрерывной работы узла составляет около 12 ч, т. е. компьютеры используются преподавателями и студентами 12 ч. Тогда $T_р = 12 \cdot 3\,600 = 43\,200$ с. Пусть допустимое время ожидания отклика узла составляет 60 с, после этого управляющий узел переносит задачу на другой узел. Таблица констант (время дано в секундах) имеет следующий вид (табл. 4).

Если мы используем параллельную шину передачи данных, то задачи не стоят в очереди, а запускаются одновременно, и, следовательно, $T_0 = 0$ для любых *k*. Результаты вычислений на кластере с параллельной и последовательной архитектурой передачи данных для разного количества процессоров (узлов) представлены в [10].

Сопоставляя результаты детерминированной и стохастической оценок времени параллельного выполнения мультиверсионной программы, следует обратить внимание на их существенное различие при малом количестве узлов (процессоров). Увеличение оценки ожидаемого времени выполнения с использованием стохастической сети связано с влиянием вероятности возникновения сбоя в процессе вычислений. Очевидно, что чем больше время вычислений на конкретном узле, тем выше вероятность того, что возникнет состояние ошибки и потребуется перезапуск вычислений. В качестве решения этой проблемы можно предложить разбиение задач с целью уменьшения времени счета либо обмен промежуточными (или частичными) результатами с возможностью возобновления вычислений в случае ошибки.

В данной статье на простой задаче были продемонстрированы возможности стохастического метода оценки времени выполнения параллельных вычислений при реализации мультиверсионных программ на кластерах под управлением систем, подобных библиотеке Condor. Полученные результаты показывают, что при условии достаточности доступных ресурсов, возможности умеренного распараллеливания задачи и небольшого (сопоставимого со временем доступности узлов) времени вычис-

Таблица 2

№ действия	Действие	Описание	p_i	$f_i(t)$
0	<0, 1>	Ожидание в очереди момента получения данных	1	Постоянная величина $T_0 = k \cdot T_1$, где k – номер в очереди; T_1 – время получения данных с УУ
1	<1, 2>	Получения данных с головного узла кластера	1	Постоянная величина T_1
2	<2, 4>	Выполнение вычислений, завершившихся успехом	$P = 1 - m_2/T_р$	Нормальное распределение $N(m_2, d_2)$, где m_2 – ожидаемое время вычисления подзадачи; d_2 – предполагаемые допустимые отклонения, например 10 % от m_2
3	<2, 3>	Ошибка в ходе выполнения вычислений	$1 - p$	Нормальное распределение $N(0 + m_2)/2$, $(m_2 - 0)/5)$, так как равномерное распределение на [0; m_2] недопустимо в данном методе
4	<3, 1>	Устранение сбоя или замена вычисляющего узла	1	Постоянная величина T_4
5	<4, 5>	Возврат данных	1	Постоянная величина T_5 – время передачи данных с узла кластера на ГУК

Таблица 3

№ действия	Действие	Описание	p_i	$M_i(s)$
0	<0, 1>	Ожидание в очереди момента получения данных	1	$\exp(sT_0)$
1	<1, 2>	Получения данных с головного узла кластера	1	$\exp(sT_1)$
2	<2, 4>	Выполнение вычислений, завершившихся успехом	$p = 1 - m_2/T_р$	$\exp(sm_2 + 0{,}5s^2d_2^2)$
3	<2, 3>	Ошибка в ходе выполнения вычислений	$q = 1 - p$	$\exp(sm_3 + 0{,}5s^2d_3^2)$
4	<3, 1>	Устранение сбоя или замена вычисляющего узла	1	$\exp(sT_4)$
5	<4, 5>	Возврат данных	1	$\exp(sT_5)$

Таблица 4

$T_р$	T_1	m_2	d_2	T_4	T_5
43 200	*St*	*T*o	0,1·*T*o	60	*Rt*

ления каждой подзадачи на узле использование таких систем вполне оправданно. Также следует отметить, что разницы во времени вычислений на кластерах с параллельной и последовательной архитектурой обмена данных при использовании более 10 узлов практически нет.

В дальнейшем авторы планируют рассмотреть более сложные архитектуры мультиверсионного ПО и стратегии организации вычислений, такие как оценка времени выполнения вычислений очереди задач (в частности, для реализации RB-блока [13]), расчет времени вычислений по графу распараллеливания мультиверсионной программы и т. п.

Библиографический список

1. Букатов, А. А. Программирование многопроцессорных вычислительных систем / А. А. Букатов, В. Н. Дацюк, А. И. Жегуло. Ростов н/Д : Изд-во ООО ЦВВР, 2003.

2. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для втузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. 2-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2000.

3. Лебедев, В. А. Параллельные процессы обработки информации в управляющих системах / В. А. Лебедев, Н. Н. Трохов, Р. Ю. Царев ; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2001.

4. Шнитман, В. Современные высокопроизводительные компьютеры [Электронный ресурс] / В. Шнитман // Информ.-аналит. материалы Центра информ. технологий. Электрон. дан. 1996. Режим доступа: http://www.citforum.ru/hardware/svk/contents.shtml. Загл. с экрана.

5. Pfister, G. Sizing Up Parallel Architectures [Electronic resource] / G. Pfister. Electronic data. 1998. Access mode: http://www.dbpd.com/vault/9805feat.htm ; http:/www.citforum.ru/hardware/articles/art_5.shtml. Title from display.

6. Шпаковкий, Г. И. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI / Г. И. Шпаковкий, Н. В. Серикова. Минск : Изд-во Белорус. гос. ун-та, 2002.

7. Филлипс Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. М. : Мир, 1984.

8. Shi, Yu. Reevaluating Amdahl's Law and Gustafson's Law [Electronic resource] / Yu. Shi. Electronic data. Access mode: http://www.cis.temple.edu/~shi/docs/amdahl/amdahl.htm. Title from display.

9. Thain, D. Distributed Computing in Practice: The Condor Experience / D. Thain, T. Tannenbaum, Miron Livny ; University of Wisconsin. Madison, 2004.

10. Ковалев, И. В. Модели оценки времени выполнения задачи на кластере с последовательной и параллельной архитектурой обмена данными / И. В. Ковалев, Д. М. Письман, М. Ю. Слободин // Системы упр. и информ. технологии. 2005. № 3 (20). С. 58–62.

11. Письман, Д. М. Анализ временных параметров сетевых моделей на базе модифицированной ГЕРТ-сети / Д. М. Письман // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. № 1. С. 18–26.

12. Neumann, K. Stochastic Project Networks. Temporal Analysis, Scheduling and Cost Minimization / K. Neumann. New York : Springer Verlag,1990.

13. Kovalev I. System of Multi-Version Development of Spacecrafts Control Software / I. Kovalev. Sinzheim : Universitate Verlag, 2001.

I. V. Kovalev, P. V. Kovalev, V. S. Skorikov, S. N. Gritsenko

TIME EVALUATION OF MULTI-VERSION PROGRAMS EXECUTING BY CLUSTER SYSTEM USING SERIAL AND PARALLEL ARCHITECTURE OF DATE EXCHANGE

The effectiveness of using non-specialized heterogeneous cluster for the multi-version software realization directly depends on the ability to control and plan its loading. Stochastic methods of the multi-version programs time evaluation can raise precision of execution time prediction. As a mathematical base of such evaluation ones offer to use GERT-networks.

Keywords: cluster system, reliability, multi-version programming.

УДК 517.9

С. И. Сенашов, О. Н.Черепанова

ГОМОТОПИЯ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Построены новые точные решения уравнений минимальных поверхностей.

Ключевые слова: минимальные поверхности, точные решения, контактные преобразования.

Уравнение минимальных поверхностей известно уже более 200 лет, но его точных решений до сих пор построено всего три. Это такие поверхности, как катеноид, поверхность Шерка и семейство геликоидальных поверхностей.

Рассмотрим поверхность вида

$$z = u(x, y). \tag{1}$$

Это уравнение описывает минимальную поверхность, если $u(x,y)$ удовлетворяет уравнению второго порядка

$$\left(1+u_x^2\right)u_{yy} - 2u_x u_y u_{xy} + \left(1+u_y^2\right)u_{xx} = 0. \tag{2}$$

С помощью контактного преобразования Лежандра

$$u_x = \xi,\ u_y = \eta,\ w_\xi = x,\ w_\eta = y,$$

$$u(x,y) = x\xi + y\eta - w(\xi,\eta) \tag{3}$$

уравнение (2) сводится к линейному:

$$\left(1+\xi^2\right)w_{\xi\xi} + 2\xi\eta w_{\xi\eta} + \left(1+\eta^2\right)w_{\eta\eta} = 0, \tag{4}$$

при условии, что якобиан преобразования

$$J = u_{xx}u_{yy} - u_{xy}^2 \neq 0. \tag{5}$$

Нетрудно проверить, что поверхности

$$u = x\ \mathrm{tg}\ y,\ \ u = \ln\frac{\cos x}{\cos y},\ \ u = \mathrm{arcch}\left(x^2+y^2\right), \tag{6}$$

т. е. геликоид, поверхность Шерка и катеноид соответственно, являются решениями уравнения (2) и удовлетворяют условию (5).

Применим преобразование (3) к соотношениям (6), тогда они запишутся в виде

$$\begin{gathered} w(\xi,\eta) = \eta\ \mathrm{arctg}\ \xi, \\ w(\xi,\eta) = -\xi\ \mathrm{arctg}\ \xi + \\ +\eta\ \mathrm{arctg}\ \eta + \ln\frac{\sqrt{1+\xi^2}}{\sqrt{1+\eta^2}}, \\ w(\xi,\eta) = \sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}} - \\ -\ln\left(\frac{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}+2\sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}}}{\xi^2+\eta^2}\right). \end{gathered} \tag{7}$$

Поскольку (7) удовлетворяет линейному уравнению (4), то их гомотопия также является решением уравнения (4). Тогда

$$\begin{gathered} w_н^1 = a(\eta\ \mathrm{arctg}\ \xi) + (1-a)\times \\ \times\left[-\xi\ \mathrm{arctg}\ \xi + \eta\ \mathrm{arctg}\ \eta + \ln\frac{\sqrt{1+\xi^2}}{\sqrt{1+\eta^2}}\right], \\ w_н^2 = a(\eta\ \mathrm{arctg}\ \xi) + \\ +(1-a)\times \\ \times\left[\sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}} - \ln\times\right. \\ \left.\times\left(\frac{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}+2\sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}}}{\xi^2+\eta^2}\right)\right], \\ w_н^3 = a\left(-\xi\ \mathrm{arctg}\ \xi + \eta\ \mathrm{arctg}\ \eta + \ln\frac{\sqrt{1+\xi^2}}{\sqrt{1+\eta^2}}\right) + \\ +(1-a)\times \\ \times\left[\sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}} - \ln\times\right. \\ \left.\times\left(\frac{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}+2\sqrt{2+\sqrt{4+\left(\xi^2+\eta^2\right)^2}}}{\xi^2+\eta^2}\right)\right], \end{gathered} \tag{8}$$

где $w_н^1$, $w_н^2$, $w_н^3$ – новые решения уравнения (4); a – вещественный параметр, $0 \le a \le 1$.

Действуя обратным преобразованием, из (8) получим новые семейства решений уравнения (2).

S. I. Senashov, O. N. Cherepanova

HOMOTOPY OF MINIMAL SURFACES EQUATION SOLUTIONS

The new exact solutions of minimal surfaces equations are constructed in this work.

Keywords: minimal surfaces, exact solutions, contact transformations.

УДК 681.84

И. А. Оболонин, Н. А. Рыговская

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ПЕРВИЧНОМ ИМПУЛЬСНО-КОДОВОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ НА ИСКАЖЕНИЯ СИГНАЛА НА ВХОДЕ КОДЕРОВ С КОМПРЕССИЕЙ АУДИОДАННЫХ

Рассмотрено влияние селективных цепей цифроаналоговых преобразователей при первичном импульсно-кодовом преобразовании на искажения сигнала на входе кодеров с компрессией аудиоданных.

Ключевые слова: компрессия аудиоданных, искажения сигнала, цифроаналоговые преобразователи, аналого-цифровые преобразователи, групповое время запаздывания.

В психоакустических моделях стандартов MPEG не учтены механизмы временной маскировки сигналов, пространственной демаскировки источников звука, составляющих стереопанораму как по фронту, так и по глубине, и особенности восприятия реверберационных составляющих стереофонических сигналов. Именно эти механизмы пространственного слуха играют наиболее важную роль при стереовоспроизведении, определяя восприятие основных признаков качества стереофонического звучания, таких как пространственное восприятие, прозрачность звучания, естественность и богатство тембров инструментов и голосов, восприятие акустической атмосферы первичного помещения (концертный зал, студия) и т. п. Это приводит к снижению качества звучания, которое отчетливо отмечается слушателями.

Однако необходимо учитывать, что цифровые аудиосигналы поступают на вход кодера с компрессией после импульсно-кодового (ИКМ) преобразования, при этом качество преобразования подразумевается идеальным. В ряде работ, например [1], показано влияние ошибок квантования на звучание аудиосигналов, записываемых или передаваемых с компрессией аудиоданных.

При цифровых методах звукозаписи, а также при организации цифрового звукового вещания существенное влияние на обеспечение высоких качественных показателей оказывают селективные устройства аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразований ИКМ.

Так, на входе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и на выходе цифроаналогового преобразователя (ЦАП) расположены фильтры нижних частот (ФНЧ), ограничивающие спектр входных частот и устраняющие высокочастотные составляющие выходного сигнала.

Подавление сигнала ФНЧ на частоте, равной половине частоты дискретизации, должно быть не менее 60 дБ. Крутизна ската ФНЧ получается при этом очень высокой, поэтому требуются фильтры высокого порядка. Но такие фильтры имеют значительные недостатки, главным из которых является нелинейная фазовая характеристика, что приводит к заметным на слух искажениям аудиосигналов, проявляющимся в потере прозрачности звучания.

В аудиотехнике наибольшее распространение получили фильтры Баттерворта и Чебышева.

Авторами были получены зависимости порядка ФНЧ Баттерворта N_b и Чебышева N_c от требуемого затухания A_{min} на граничной частоте полосы непропускания $f_{гр.п.н}$ при допустимой неравномерности в полосе пропускания A_{max} = 0,5 дБ для типичных АЦП- случаев (рис. 1):

– для сигналов звукового вещания (ЗВ) по высшему классу качества ($f_в$ = 15 000 Гц, $f_{гр.п.н}$ = 16 000Гц);

– для аудиосигналов при звукозаписи ($f_в$ = 20 000 Гц, $f_{гр.п.н}$ = 24 000 Гц).

Расчеты проводились в программной среде MathCAD.

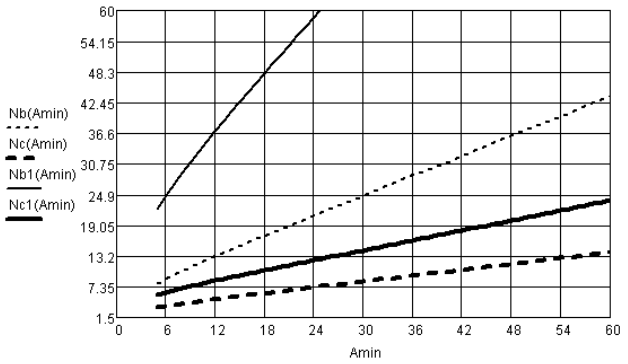


Рис. 1. Зависимости порядка фильтров Баттерворта (N_b) и Чебышева (N_c) от A_{min}: - - - - – для сигналов ЗВ; ——— – для случая звукозаписи

На основании графиков (см. рис. 1) можно сделать вывод, что для получения требуемого затухания 60 дБ на граничной частоте полосы непропускания в первом случае требуется фильтр примерно 124-го порядка, а во втором случае – более 42-го. Такие фильтры в аналоговой схемотехнике нереализуемы.

Расчеты также показывают, что при использовании для случая звукозаписи фильтров Чебышева и Баттерворта потребуются фильтры 12-го и 42-го порядка соответственно. Но в аналоговой схемотехнике реализуются фильтры не выше 6...8-го порядка.

В качестве критерия линейности фазовой характеристики может выступать изменение группового времени запаздывания $\tau_{гр}$, которое нормируется рекомендациями МККР и МККТТ и отечественным стандартом ГОСТ 11515–91 для каналов звукового вещания. При этом следует отметить, что требования, предъявляемые к звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуре, должны быть более жесткими, чем требования к каналам.

Авторами были получены зависимости группового времени запаздывания для фильтра Баттерворта 42-го порядка (рис. 2) и фильтра Чебышева 12-го порядка (рис. 3), где по оси абсцисс отложена нормированная частота w, причем w = 1 соответствует граничной частоте полосы пропускания.

Расчеты показывают, что неравномерность группового времени запаздывания в полосе пропускания достигает 40 мс для фильтра Баттерворта и 73 мс для фильтра Чебышева. Такая неравномерность существенно искажает первичный аудиосигнал, т. е. сигнал на входе фильтра.

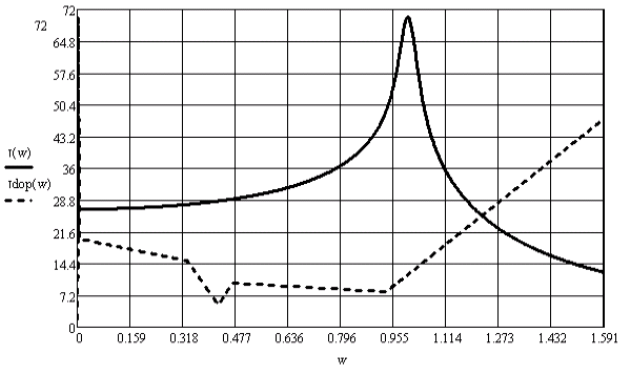


Рис. 2. Зависимость группового времени запаздывания фильтра Баттерворта от нормированной частоты $\tau(w)$ и нормы $\tau_{dop}(w)$ на допустимое запаздывание

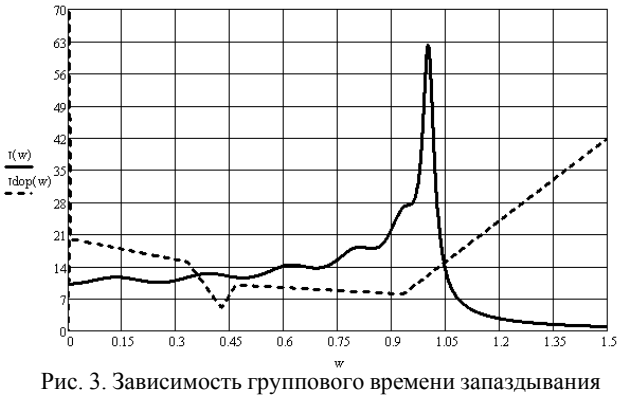


Рис. 3. Зависимость группового времени запаздывания фильтра Чебышева от нормированной частоты $\tau(w)$ и нормы $\tau_{dop}(w)$ на допустимое запаздывание

Известным методом решения данной проблемы является использование ИКМ-кодеров (декодеров), в которых АЦП (ЦАП) работают на повышенной частоте, что позволяет значительно снизить требования к крутизне ската и, соответственно, к порядку аналогового ФНЧ, осуществляющего предварительную фильтрацию первичного сигнала. При таком методе основное затухание на граничной частоте полосы непропускания обеспечивается цифровым фильтром.

При выборе структуры цифрового фильтра предпочтение следует отдать нерекурсивным фильтрам. Основным преимуществом таких фильтров является возможность получения линейной фазочастотной характеристики. В этом случае при определении требований и порядка аналогового ФНЧ наряду с предварительной фильтрацией необходимо ориентироваться на обеспечение требуемой неравномерности группового времени запаздывания в полосе пропускания фильтра (рис. 4, 5).

Для нерекурсивных фильтров Баттерворта неравномерность в полосе пропускания не превышает 3,5 мс для фильтра 8-го порядка [2]. При этом обеспечивается рабочее затухание на граничной частоте полосы непропускания $A_{pmin} = 5$ дБ для условий цифровой передачи сигналов звукового вещания и $A_{pmin} = 13$ дБ для случая цифровой звукозаписи.

Для ФНЧ Чебышева возможно использование фильтров 6-го порядка, у которых неравномерность по групповому времени запаздывания в полосе пропускания не превышает 11 мс, что с учетом свойств человеческого слуха вполне приемлемо. Кроме того, в этом ФНЧ практически выполняются требования ГОСТ 11515–91. При этом ФНЧ обеспечивает $A_{pmin} = 28$ дБ для условий звукозаписи и $A_{pmin} = 10$ дБ для случая передачи сигналов звукового вещания.

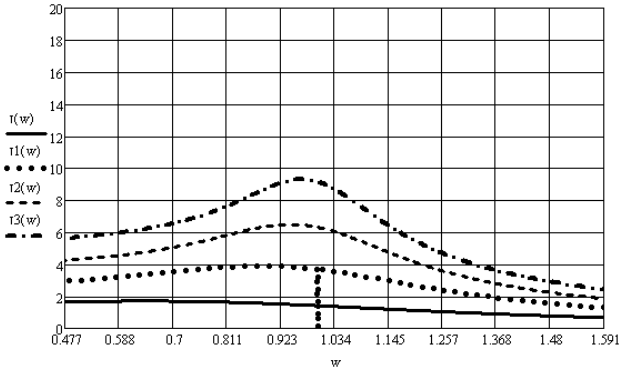


Рис. 4. Зависимость группового времени запаздывания от нормированной частоты $w_в = 1$ для ФНЧ Баттерворта 2-го ($\tau(w)$), 4-го ($\tau1(w)$), 6-го ($\tau2(w)$) и 8-го ($\tau3(w)$) порядков

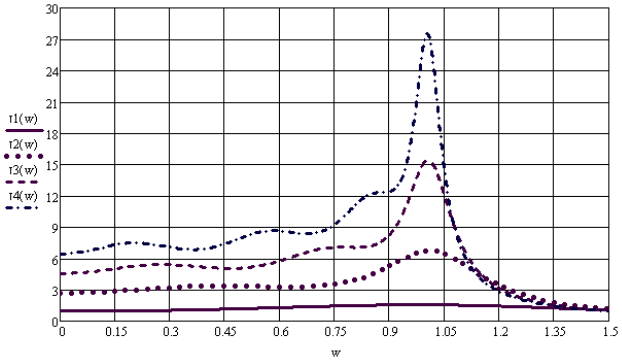


Рис. 5. Зависимость группового времени запаздывания от нормированной частоты $w_в = 1$ для ФНЧ Чебышева 2-го ($\tau1(w)$), 4-го ($\tau2(w)$), 6-го ($\tau3(w)$) и 8-го ($\tau4(w)$) порядков

Таким образом, улучшить качественные показатели воспроизводимых сигналов при цифровой передаче сигналов звукового вещания и цифровой записи в кодерах с компрессией аудиоданных, помимо совершенствования самих алгоритмов компрессии, можно также и за счет уменьшения влияния первичного ИКМ-преобразования.

Одним из факторов, от которых зависит качество этого преобразования, является наличие селективных устройств (аналоговых и цифровых ФНЧ), у которых групповое время распространения зависит от частоты. Использование нерекурсивных цифровых фильтров позволяет не рассматривать их влияние на групповую задержку сигнала ввиду возможности получения линейной фазочастотной характеристики.

Авторами получены зависимости группового времени запаздывания от частоты для аналоговых ФНЧ Баттерворта и Чебышева, осуществляющих предварительную фильтрацию в ИКМ-преобразователях. Приведены рекомендации по выбору аналоговых ФНЧ в соответствии с требованиями ГОСТ 11515–91 для электрического канала звукового вещания по допустимому групповому времени запаздывания.

Библиографический список

1. Вологдин, Э. Как возникают и звучат ошибки квантования / Э. Вологдин // Звукорежиссер. 2006. С. 28–41 ; 2007. С. 32–40.

2. Оболонин, И. А. Оценка влияния аналого-цифрового преобразования на искажения при компрессии цифровых аудиоданных / И. А. Оболонин // Вестн. Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики : сб. науч. тр. / Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2008. № 2. С. 67–71.

I. A. Obolonin, N. A. Rygovskaya

FILTRATION INFLUENCE ANALYSIS AT PRIMARY PULSED-CODE CONVERSION ON INPUT SIGNALS DISTORTION OF CODERS WITH AUDIO DATA COMPRESSION

The influence of selective circuits of digital-analogue converters at primary pulsed-code conversion on input signal distortion of coders with audio data compression is considered.

Keywords: audio data compression, signal distortion, digital-analogue converters, analogue-digital converters, group delay time.

УДК 539.21; 537.86

S. S. Aplesnin, A. I. Moskvin, N. I. Piskunova

SIMULATION OF THE MAGNETIC STRUCTURE UPON ORDERING E_G ORBITALS TO THE QUASI-ONE- AND QUASI-TWO-DIMENSIONAL MAGNETS BY QUANTUM MONTE CARLO METOD[1]

The exchange mechanism influence on the electrons ordering on e_g orbitals in a chain and in a two-dimensional Heisenberg model with exchange anisotropy for a S = 1/2 spin is determined by a quantum Monte Carlo method. The existence regions of a long-range quasi-one- and two-dimensional antiferromagnetic order with the special exchange topology are determined. The plateau existence region in the field dependence of magnetization, as well as the wave vector of the magnetic structure modulation with $Q = \pi/2$ in the (magnetic field – exchange alternating) plane, is determined.

Keywords: alternation of exchange, orbital and magnetic ordering, stripes.

Magnetic materials with double orbital quasi-degeneration are characterized not only by spin-dependent interactions, but also by the dependence of the exchange integral on the mutual position of the orbitals. The interplay of spins with the charge-orbital ordering changes not only magnetic properties, but also transport characteristics, for example, gives rise to giant magnetoresistance in manganites. The orbital ordering forms a quasi-low-dimensional structure in $KCuF_3$ [1] and two-dimensional antiferromagnetic in NH_4CuCl_3 [2] at low temperatures.

When studying the ground state and low-temperature effects in low-dimensional systems, one should remember that the quantum fluctuations in a spin system are of significant importance and, in the case of the strong interaction of spins with orbitals through the exchange interaction, it must be taken into account that the hopping integrals between the neighboring 3*d* ions depends on both the orbital type and on the mutual position of the sites, because the electron-density distribution is not spherically symmetric.

The interrelation between the spin order and orbital ordering is clearly illustrated in a Kugel'–Khomsky model [1] for the Hamiltonian of perovskites (e_g ions at the sites of a simple cubic lattice), which is obtained from the multi-electron Hamiltonian with the same exchange parameters $J = 4t^2/U$, where t is the hopping integral and U is the Coulomb-repulsion parameter at the site between the $d_{z2} - d_{z2}$ and $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitals.

The physical origin of this peculiar situation is the strong spatial anisotropy of the e_g orbital wave functions. This type of the orbital ordering provides the largest energy gain due to the quantum spin fluctuations. An orbital flip modulates strength of the neighboring exchange bond and causes the existence of the strong antiferromagnetic exchange interaction directed along the overlap of the orbitals with strong space anisotropy of the exchange interactions that are typical of the quasi-one-dimensional system under the condition of the presence of a gap in an orbital excitation spectrum.

[1] This work was supported by the Russian Basic Research Foundation (RFFI–BRFFI, project No. 08-02-90031 Bela), RFFI (project No. 09-02-00554-a).

In addition to the ferro- and antiferromagnetic ordering of the d_{3z2-r2} orbitals, the ordering of the d_{3z2-r2} and d_{x2-y2} orbitals is also possible with account for the fact that the hopping integral between these orbitals may substantially differ due to the strong electron correlations. Strength of the antiferromagnetic interaction is determined by a region of the overlap of the 2*p*–3*d* orbitals and depends on the orbital e_g state of an electron. The overlap integral between the d_{x2-y2} and p_x orbitals is $E_{x,\alpha}(l, m, n) = \sqrt{3/2}\, l(l^2 - m^2)(pd\mathrm{s})$, where $(pd\mathrm{s})$ is the overlap integral between the *d* and *p* orbitals and (l, m, n) is the unit vector along the direction from a cation to an anion. The overlap integral between $d_{2x2-z2-y2}$ and p_x orbitals is expressed as $E_{x,\beta}(l, m, n) = l[n^2 - (l^2 + m^2)/2](pd\mathrm{s})$ [3]. Then, the hopping amplitude between adjacent copper ions via the *p* orbital along the *x* axis is evaluated as $t^x_{\alpha\beta} = E_{x,\alpha}(1, 0, 0)\, E_{x,}(-1, 0, 0)/(e_p - e_d)$ [3], where e_p and e_d are the energy levels for the *d* and *p* orbitals, respectively, and $E_{x,\alpha}$ and $E_{x,\beta}$ are the overlap integrals of the d_{x2-y2} and p_x orbitals and p_x and $d_{2x2-z2-y2}$ orbitals, which will be denoted as d^2_x.

The account for the Coulomb interaction between electrons located both at a site and between different orbitals will also lead to modification of exchange parameters and alteration of the $J_{\alpha\alpha}/J_{\beta\beta}$ relation between them. Below we consider a model with one electron (hole) on the e_g orbital with an exchange interaction between them specified by a parameter. This model is applicable to perovskites containing Mn^{3+}, Ni^{3+}, Cu^{2+} and Fe^{2+} ions in octahedral environment.

This study is aimed to determination of the effect of the exchange interaction between e_g electrons on the ordering of $d_{2x2-z2-y2}$ and d_{x2-y2} orbitals in a Mott insulator and estimation of a region of the parameters, at which the magnetic order dimensionality changes from quasi-two-dimensional to quasi-one-dimensional antiferromagnetic. It is known that low-dimensional systems with alternating exchange imitating the spin Peierls transition are in a more stable state and have an energy gain of $E/J \sim \delta$, where $\delta = J_{i,i+1} - J_{i+1,i+1}$. The interaction of the electrons on the e_g orbitals with various octahedron oscillation modes forms orbital ordering. The most widespread type of the orbital ordering is associated with the alternating of the d_{3x2-r2} and d_{3y2-r2} orbitals whose schematic arrangement has the form $\updownarrow\leftrightarrow\updownarrow\leftrightarrow$. The exchange altenating in the spin Peierls quasi-two-dimensional antiferromagnetic gives rise to dissappearing long range order and to the formation of a singlet state. Possible the alteration of exchange along of one direction of lattice as a result of orbital ordering causes the instability AF order.

Let us determine change of the magnetic properties and the magnetic order type at the formation of orbital ordering.

1D Model. Let us consider the quasi-one-dimensional models with the symmetric alternating exchange (fig. 1, *b*) described by the Hamiltonian:

$$H = -\sum_i \left[(J+\delta)\hat{S}_i\hat{S}_{i+1} + J\,\hat{S}_{i+1}\hat{S}_{i+2} + (J-\delta)\hat{S}_{i+2}\hat{S}_{i+3} + J\,\hat{S}_{i+3}\hat{S}_{i+4} \right] - \sum_i H_i\, S_i^z, \quad (1)$$

and with the asymmetric alternating exchange(fig. 1, *c*):

$$H = -\sum_i \left[(J+2\delta)\hat{S}_i\hat{S}_{i+1} + J\,\hat{S}_{i+1}\hat{S}_{i+2} + (J-\delta)\hat{S}_{i+2}\hat{S}_{i+3} + J\,\hat{S}_{i+3}\hat{S}_{i+4} \right] - \sum_i H_i\, S_i^z. \quad (2)$$

where $J \sim t^2_{\alpha,\beta}$ is the exchange interactions between electrons located at the nearest $d_{3z2} - d_{3z2}$, $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ $d_{3z2} - d_{x2-y2}$ orbitals, there are $J(1 \pm \delta)$, $J(1 + 2\delta)$, $J(J < 0)$, δ – a value of the alternating exchange; *H* is the external magnetic field. When the ratio of the hopping integrals is written as $t_{\alpha\alpha}/t_{\beta\beta} = 3/4$ and $t_{\alpha\beta}/t_{\beta\beta} = \sqrt{3/2}$, the exchange interactions between electrons on the d_{x2-y2} and d_{3z2} orbitals differ by a factor of almost: $J_{\alpha\alpha}/J_{\beta\beta} = 0.56$, $J_{\alpha\beta}/J_{\beta\beta} = 0.75$.

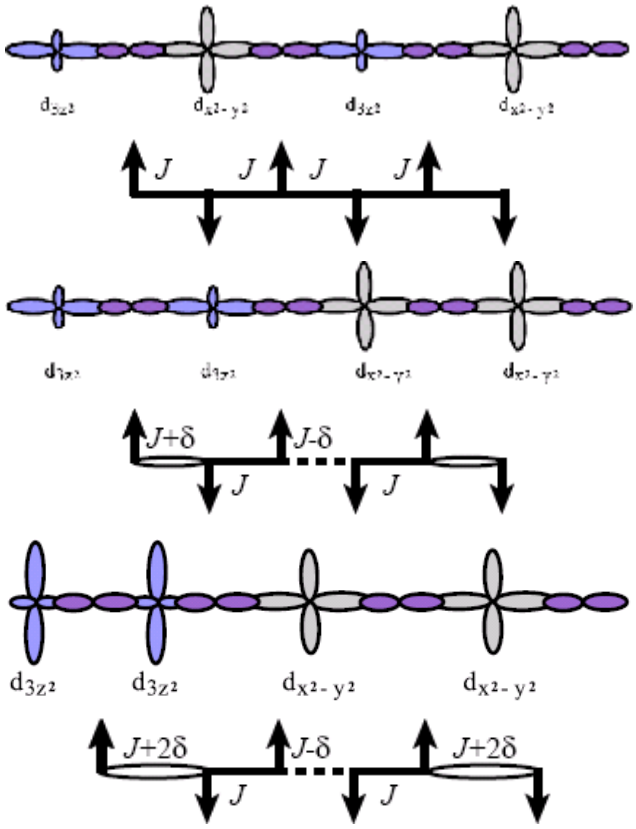


Fig. 1. Illustration of the orbital ordering d_{3z2} and d_{x2-y2} for Neel AFM with homogeneous distribution of an exchange interaction (*a*), with the symmetric alternating exchange (eq. (1)) (*b*) and with the asymmetric alternating exchange (eq. (2)) (*c*) on a chain

As a calculation method, we take the quantum Monte Carlo method unifying two algorithms, worldlines and continuous time [4]. The continuous time world-line Monte Carlo approach is based on expansion of a statistical evolution operator $\exp(-H/T)$ by exchange interaction strength. The world-line configuration of spins flips under the action of operators of the creation and annihilation of a spin state in imaginary time and real space [4; 5]. For the spins $S = 1/2$ located at the sites of the chain $L = 400$ with the nonuniform exchange distribution and periodic boundary conditions in the Trotter direction and on the chain are used. The calculation method was described in detail in [6]. The following quantities are calculated in the framework of this method: the magnetization $m = 2\langle S^z \rangle$, spin-spin correlation function $\langle S^z(0) S^z(r) \rangle$, correlation radius, static

susceptibility c = m/H in the external magnetic field directed along the quantization axis, staggered magnetization ms, energy E, a magnetic structure factor

$$S(q) = \frac{1}{N}\sum_{r_j} \exp(-iqr_j) S^z(0) S^z(r_j). \qquad (3)$$

The exchange alternating in the spin Peierls chain induces a gap in the spectrum of the triplet excitations and gives rise to a finite correlation radius in the ground state. Using the calculated dependences of the magnetization and spin correlation functions on the external magnetic field, we determine the critical fields H_c corresponding to the formation of the long-range magnetic order and the gap in the triplet-excitation spectrum. The calculations provide a linear dependence of $\Delta \approx 2\delta$ the gap on the exchange alternating and are in good agreement with the limiting case for one dimer, $H_c = gS^zJ(1 + \delta) = 2J$. The thermodynamic characteristics – the specific heat and susceptibility -decrease according to the exponential law below this temperature.

The ordered arrangement of the orbital pairs described by Hamiltonian (eq. (2)) gives rise to the appearance of the plateau $m = 1/2$ on the magnetization curve $m(H)$ at a critical external field H_{c1} as shown in fig. 2, *a*. The magnetic structure factor determined from the spin-spin correlation function has the main maximum and a number of satellites. The magnetic field aligns the spins of the kinks along the field and stabilizes the long-range ferromagnetic order, which does not coincide with the shortrange order calculated by chain-averaging of the spin-spin correlation function in the first coordination sphere (fig. 2, *b*). As the magnetic field increases, the modulation of the magnetic structure with the wave vector $q = \pi/2$ is observed near the magnetic field $H \sim H_{c1}$. The arrangement of the spins in the chain in the plateau region $H_{c1} < H < H_{c2}$ can be represented as ↑↑↑↓↑↑↑↓ . The linear dependence $m(H)$ for low external fields (see fig. 2, *a*) indicates the absence of the gap in the spectrum of triplet spin excitations and the magnetic state is a quantum spin liquid with the finite correlation radius.

The ordering of orbital pairs in the magnetic field provides three types of the magnetic order: short-range antiferromagnetic order, ferromagnetic order, and modulated ferromagnetic order with the wave vector is equal to $Q = \pi/2$, depending on the relation of the magnetic field and exchange alternating. Figure 3 shows the regions of these phases in the (magnetic field, exchange alternating) plane.

The decrease in the energy of the antiferromagnetic chain with the nonuniform periodic distribution of exchange is caused by the decrease in the effective chain length owing to a change in the correlation radius. In particular, in the limiting cases, the energies per spin in the infinite antiferromagnetic chain and dimer are $E_{chain} = -2\ln 2 + 0.5 \approx$ $\approx -0.443\ 3J$ and $E_d = -0.75J$, respectively. As a result, the energy of the alternating chain depends on the wave vector of the exchange modulation; i. e., the larger the number of the spins coupled by the strong exchange, the lower the change in the energy of the chain after the exchange alternating. The unit cell contains two and four spins in a spin Peierls magnet and in a magnet with orbital ordering, respectively. Figure 4 shows the Monte Carlo calculations of the relative energy change as a function of the exchange-alternating magnitude.

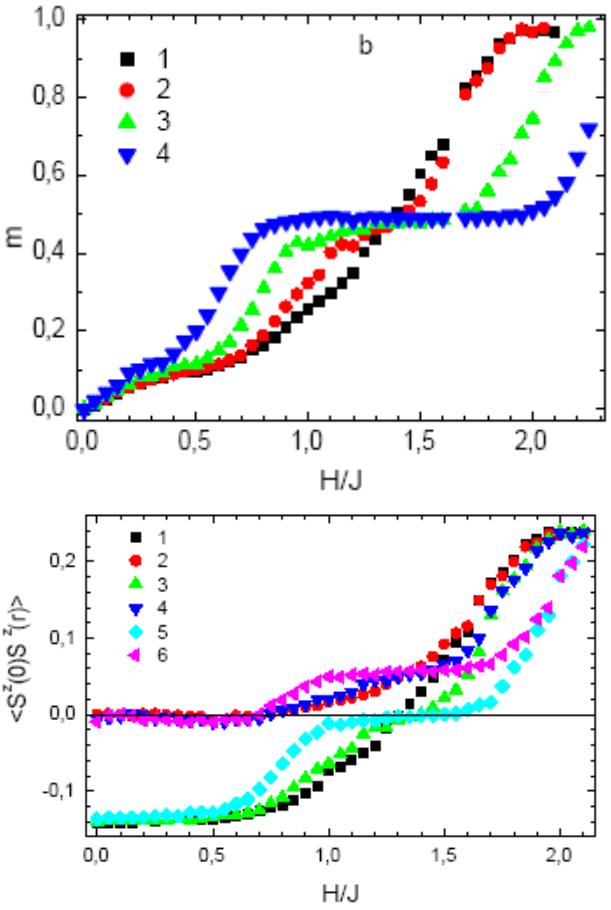


Fig. 2. Field dependences of the magnetization m (*a*) and spin–spin correlation functions $<S^z(0)S^z(r)>$?(*b*) at the distance $r = 1$ (1, 3, 5) and $r = 31$ (2, 4, 6) for $\delta = 0.2$ (1), 0.4 (2), and 0.6 (3). The symbol sizes correspond to the errors

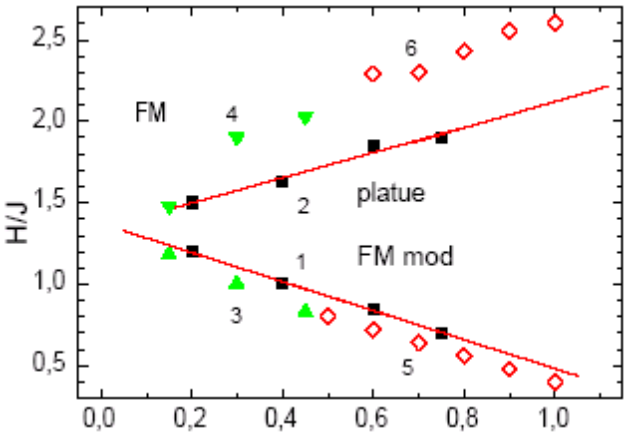


Fig. 3. Phase diagram of the magnet with the orbital ordering of pairs containing the regions with the short-range antiferromagnetic order (AF), ferromagnetic order (FM), and modulated ferromagnetic order (FM mod) with the plateau $m(H) = 1/2$ in the field region $H_{c1}(1) - H_{c2}(2)$ in the (magnetic field, exchange alternating) plane. For the model with the symmetric alternating exchange (eq. (1)) are the critical fields $H_{c1}(1, 2)$, and asymmetric alternating exchange (eq. (2)) are $H_{c1}(3, 4, 5, 6)$. The critical fields $H_{c1}(5, 6)$ correspond to the singlet-triplet transition in a four-spin cluster and are calculated with $\delta \to 1$ by exact diagonalization method in this cluster

Using the typical parameters of the hopping integrals from the cation to anion $t_{dz2-p} = 2$ eV, $t_{dx2-p} = 0.5$ eV, and $t_{d(x2-y2)-p} = 1.5$ eV, charge gap $e_p - e_d = 3$ eV, and $U = 6$ eV, we estimate the gain in the exchange energy as $\Delta E_{ex} \sim 0.05$ and 0.017 eV for the $\updownarrow\updownarrow\leftrightarrow\leftrightarrow$ ordering of pairs of orbitals and for the $d_{z2} - d_{z2} - d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ ordering, respectively. Owing to the competition between the Coulomb and exchange interactions between the electrons on the neighboring orbitals, a certain orbital order with the structure wave vector $Q = \pi/2$ can be induced. In magnets with narrow optical bands and weak dispersion of the optical oscillation mode and the electron-phonon coupling constant $\sim g_k^2 \omega_k^{-1}$ near the band edge, the exchange mechanism possibly gives rise to change in the magnetic and orbital orders with decreasing the temperature.

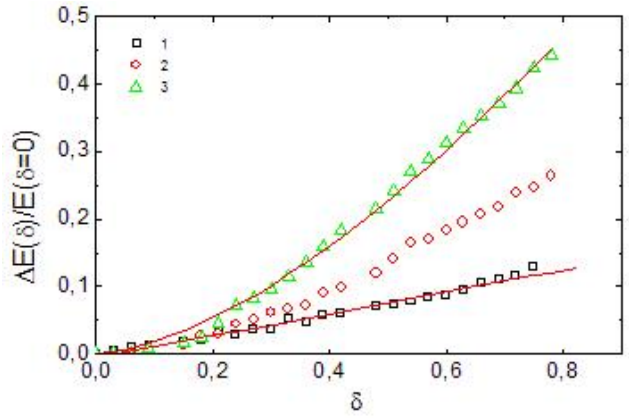


Fig. 4. The dependence of the change normalized energy state $\Delta E(\delta)/E(\delta = 0) = (E(\delta) - E(\delta = 0))/E(\delta = 0)$ from the alternating exchange for the ordering of the orbitals (1) (eq. (2)) and (2) (eq. (1)), the spin Peierls 1D model (3), and power law approximation functions $\Delta E(\delta)/E(д = 0) = A\delta^{\alpha}$ with he parameters (3) $A = 0.67$ (2) and $\alpha = 1.50(4)$ and (1) $A = 0.15(1)$ and $\alpha = 1$ (orbital ordering). The errors correspond to the symbol sizes

Thus, in a quasi-low-dimensional magnet with one electron (hole) on the e_g orbital and competing Coulomb and exchange interactions, the appearance of the orbital order with the structure wave vector $Q = \pi/2$ or the softening of the elastic oscillation mode near this vector is possible. The regions of existence of a plateau and of the modulated ferromagnet with the special exchange topology in the (magnetic field, exchange alternating) plane are determined.

2D Model. Let us consider a model with antiferromagnetic exchange alternation and a stripe structure for a spin $S = 1/2$. The Hamiltonian has the following form:

$$
\begin{aligned}
H = -\sum_{i,j,\alpha} \Big[& (1+\delta) J^{\alpha\alpha} S^{\alpha}_{i+1,j} S^{\alpha}_{i+2,j} + \\
& + K^{\alpha\alpha} (S^{\alpha}_{i+1,j} S^{\alpha}_{i+1,j+1} + S^{\alpha}_{i+2,j} S^{\alpha}_{i+2,j+1}) + \\
& + J^{\alpha\alpha} S^{\alpha}_{i,j} S^{\alpha}_{i+1,j} + \\
& + (1-\delta) J^{\alpha\alpha} S^{\alpha}_{i,j} S^{\alpha}_{i,j+1} + J^{\alpha\alpha} S^{\alpha}_{i+2,j} S^{\alpha}_{i+3,j} + \\
& + (1-\delta) J^{\alpha\alpha} (S^{\alpha}_{i+3,j} S^{\alpha}_{i+4,j} + S^{\alpha}_{i+3,j} S^{\alpha}_{i+3,j+1}) \Big] - \\
& - \sum_i H_i S^z_i ,
\end{aligned}
\tag{4}
$$

where $J(1+\delta), J(1-\delta), J(J<0)$ are the exchange interactions between electrons located at the nearest $d_{2x2} - d_{2x2}$, $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$, $d_{x2-y2} - d_{2x2}$ orbitals; H is the external magnetic field, $\eta = J^{zz} - J^{xx(yy)}/J^{zz}$ is the exchange anisotropy value; $K < 0$ is the interchain exchange value fixed in our calculations as $K/J = 1/16$. The ratio of the hopping integrals are $t_{бб}/t_{bb} = 3/4$ and $t_{\alpha\beta}/t_{\beta\beta} = 1/4$. The exchange interactions between electrons on the d_{x2-y2} and $d_{2x2-z2-y2}$ orbitals are $J_{\alpha\alpha}/J_{\beta\beta} = 0.56$ and $J_{\alpha}/J_{\beta\beta} = 0.063$. This problem was solved by the described quantum Monte Carlo method. In the calculations a square lattice with $L = 40; 48; 60; 72$ and periodic boundary conditions in the Trotter direction and on the lattice are used. From 40 000 to 60 000 Monte Carlo steps (*MCS*) per site are spent to reach equilibrium and another 80 000…100 000 MCS are used for the averaging. The root mean square errors of the computed quantities lie in the range of 0 : 1 % to 0 : 6 %.

We consider two types of the orbital ordering that illustrated in fig. 5. The $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbitals overlap gives rise to the strong antiferromagnetic exchange and space anisotropy of the exchange interactions in a lattice, which differ in more than an order of magnitude. The magnetic properties of such a system are similar to those of a quasi-one-dimensional antiferromagnet. Alternation of pairs of the $d_{2x2} - d_{2x2}$, $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitals induces stripes along the [01] direction and alteration of the exchange interactions along the [10] direction, as one can see in fig. 5, *c*, *d*. The magnetic properties of systems with the two types of orbital ordering have been analyzed on the basis of a spin-spin correlation function, staggered magnetization m_s, a magnetic structure factor (eq. (3)), energy and specfic heat $Ck_B/N = dE/dT$.

Alternation of exchange along one of the lattice directions enhances the quantum fluctuations, which results in reducing spin on site in the limit of 5...9 % in the range of parameters $0 < \delta < 0 : 4$ and decreasing Neel temperature. Normalized Neel temperature is well fitted by the linear function $T_N(\delta)/T_N(0) = 1 - 0.6\delta$ for a series of anisotropy parameters (insert in fig. 6). Monte Carlo simulation of thermodynamic characteristic at larger δ and interpolation of linear function $T_N(\delta)/T_N(0)$ indicate to stability of AF order as compared to disordered spin state. Similar effect of reduction of spin arises from the exchange anisotropy. Staggered magnetization and Neel temperature of AF having the stripe structure rises at increasing anisotropy as shown in fig. 6. The dependence of $T_N(\eta)$ versus exchange anisotropy is better interpolated by a power function $T_N(\eta)/J = 1/4\eta^{1/6}$ than a logarithmic law. It differ from behavior anisotropic Heisenberg antiferromagnetic with $S = 1/2$ on a square lattice that reveals the logarithmic dependence $T_N(\eta)/J = 2/\ln(11/\eta)$.

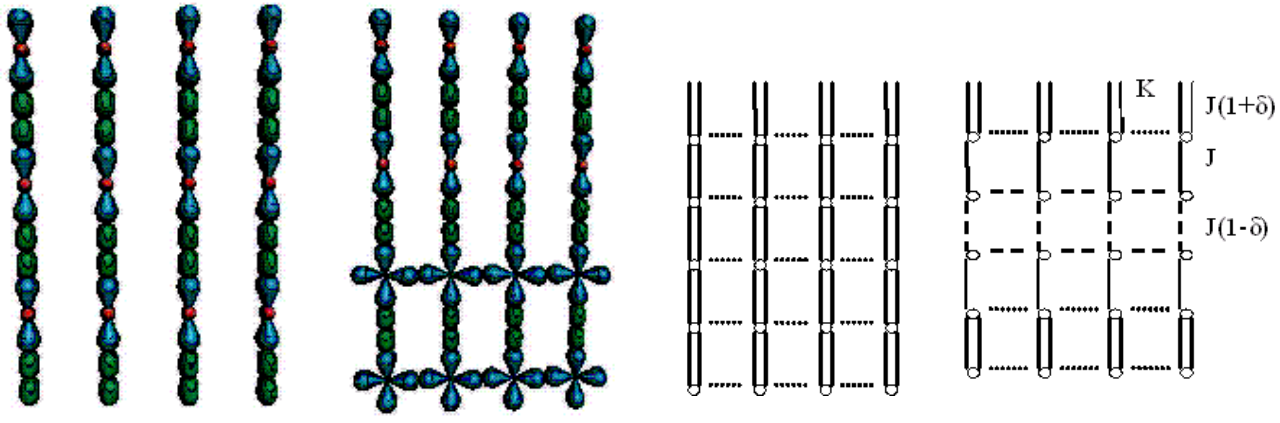
We have determined the basic magnetic properties of a two-dimensional magnet with the orbital ordering presented in fig. 5, *b*. As a consequence of low dimensionality of a system, the quantum spin fluctuations may cause orbital correlations and the ordering of the $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbitals. In this case, spin interactions are quasi-one-dimensional along a chain and favor the rise of exchange energy, which is proportional to $E/J = 0.44(1 + \delta)$. Ising-like anisotropy suppresses the quantum spin fluctuations and decreases an absolute energy value from $E/J = 0.44$ to 0.25 with an increase in the exchange anisotropy. With the growth of the exchange alternation along the [10] direction, energy of a 2D system

decreases due to a decrease in the interchain interaction. Figure 7 illustrates energy of a 2D magnet calculated for several lattice sizes. The intersection of energies of the 1D and 2D magnets with the arrangement of bonds in a lattice as in fig. 5, *c*, *d* determines a region of stability of the 2D magnetic ordering with a stripe structure. A phase boundary separating the region of existence of a magnets with the $d_{2x2} - d_{2x2}$ and $d_{2x2} - d_{x2-y2}$ orbital ordering is given in fig. 8.

The quasi-one-dimensional AF ordering becomes stable at $\delta > 0.2$; $\eta = 0$, $\delta > 0.34$; $\eta \to 1$. The ratio of exchanges in $KCuF_3$ is $J(d_{x2-y2} - d_{x2-y2})/J(d_{2x2} - d_{x2-y2}) \approx 0 : 78$ that corresponds to $\delta \sim 0.22$. Exchange anisotropy is small for the cubic crystal and according to our results the ordering of the $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbitals is more preferably. Orthorhombic distortion of a structure in NH_4CuCl_3 induces distortion of a crystal field and the intra-atomic Coulomb interaction U_{dd} between electrons on the orbital. The change in distance and angle of a bond between the nearest cations modifies the overlap of integral of the wave functions of the d_{2x2} and d_{x2-y2} orbitals. As a result, the ratio of amplitudes of the hopping integrals may vary in the wide range $0.1 < t_{\alpha\alpha}/t_{\beta\beta} < 1$, because the hopping integral is $t = E^2/(e_p - e_d + U_{dd})$. The exchange interaction between electrons on the $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbitals decreases and the ratio of exchanges $J(d_{x2-y2} - d_{x2-y2})/J(d_{2x2} - d_{2x2})$ grows, that corresponds to the decreasing of an alternation parameter. As a consequence, the exchange interaction causes rearrangement of the d_{2x2} and d_{x2-y2} orbitals and lead to strong decreasing Neel temperature in NH_4CuCl_3.

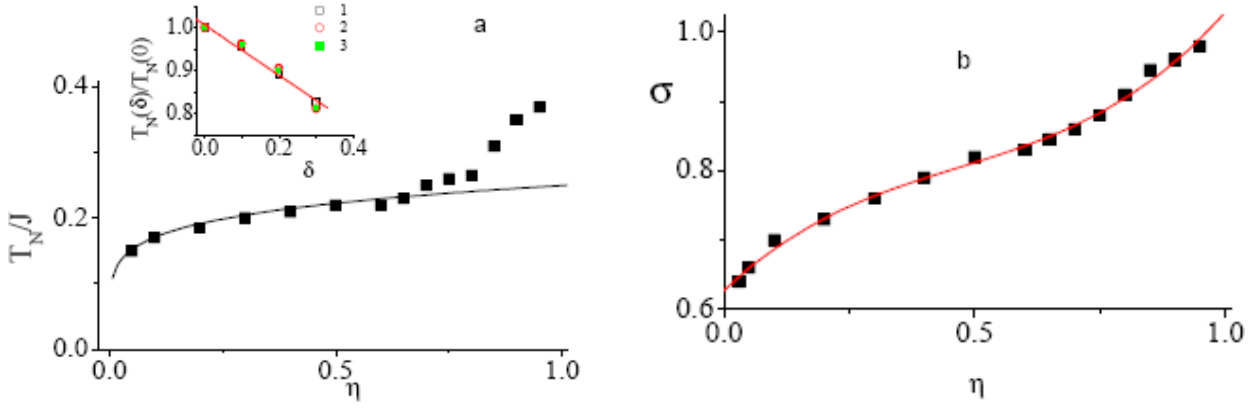
Thus, we study the exchange mechanism effect on the ordering of electrons on e_g orbitals in a square lattice by the Heisenberg model with exchange anisotropy. The ordering of pairs of the $d_{2x2} - d_{2x2}$, $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitals provides the two-dimensional antiferromagnetic state with a stripe structure. In the quasi-two-dimensional model with the alternating exchange the regions of the stable antiferromagnetic order in (alternating exchange-exchange anisotropy) plane are determined. The critical parameters of the alternating exchange and exchange anisotropy, at which the quasi-one-dimensional state becomes unstable are calculated.

We have analyzed the exchange mechanism of the ordering of electrons on the e_g orbitals in the quasi-low-dimensional magnets using the Heisenberg model with the special exchange topology. The gain in the exchange energy for the orthogonal ordering of orbitals pairs ↕↕↔↔ and for the $d_{z2} - d_{z2} - d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ ordering has estimated. We have found the exchange parameters associated with the relation of the exchange interaction of electrons on the



a *b* *c* *d*

Fig. 5. $d_{2x2} - d_{2x2}$ (*a*) and $d_{x2-y2} - d_{2x2}$ (*b*) orbital ordering. Arrangement of the strong intrachain $J(1 + \delta)$ and week interchain K exchanges in a square lattice; the J – exchange is related to the overlap of $d_{2x2-dx2-y2}$ orbitales; $J(1 + \delta)$ is related to the $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbitals, $J(1 - \delta)$ is the $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitales overlap



a *б*

Fig. 6. Neel temperature T_N/J of the quasi-two-dimensional AF at $\delta = 0.3$ (1) and fitting function $T_N/J = \eta^{1/16}/4$ (solid line) as a function of exchange anisotropy (*a*). Insert: normalized Neel temperature $T_N(\delta) = T_N(0)$ versus alternating exchange at $\eta = 0.25$ (1); 0.5 (2); 0.75 (3). Magnetization on the site s calculated by MC at $T/TN = 0.2$; $L = 60$ versus exchange anisotropy (*b*)

$d_{2x2} - d_{2x2}$ and $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitals and exchange anisotropy, at which the ordering of pairs of the $d_{2x2} - d_{2x2}$, $d_{x2-y2} - d_{x2-y2}$ orbitals forms the two-dimensional antiferromagnetic state with a stripe structure. In a quasi-low-dimensional magnet with one electron (hole) on the e_g orbital and competing Coulomb and exchange interactions, the appearance of the orbital order with the structure wave vector $Q = \pi/2$ or the softening of the elastic oscillation mode near this vector is possible. The phase diagram of the modulated quase-one-dimensional ferromagnet is determined. This diagram has a plateau $m(H) = 1/2$ on the magnetization curve in the (magnetic field, exchange alternating) plane. The region of the existence of an quasi-two-dimensional antiferromagnetic in the plane of alternation – anisotropy of exchange have been calculated. Quantum reduction of spin on site for quasi-two-dimensional antiferromagnetic with stripe structure versus exchange anisotropy has been estimated.

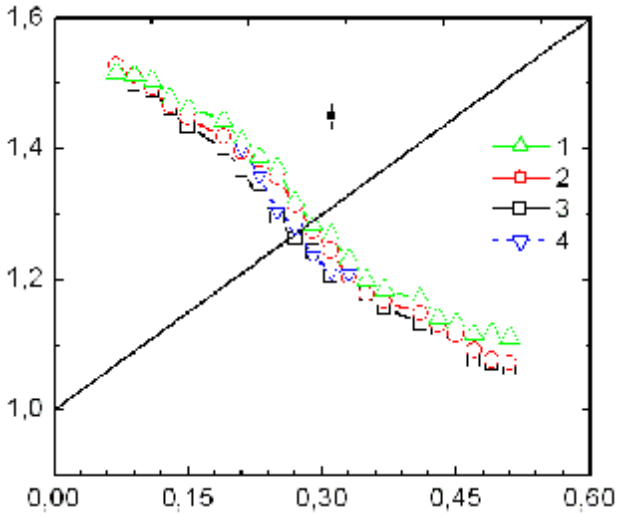


Fig. 7. Energy of a quasi-two-dimensional antiferromagnetic E_{2D} (see fig. 5, *d*) and a quasi-one-dimensional antiferromagnetic with the strong intrachain $J(1 + \delta)$ exchange normalized to the energy of the E_{1D} antiferromagnetic with the exchange ratio $K/J = 1/16$ for $\eta = 0.25$; $L = 40(1)$; $48(2)$; $60(3)$; $72(4)$ calculated at $T/T_N = 0.2$ as a function of the exchange alternation. Maximum error bar denoted by square

Bibliography

1. Kugel', K. I. The Jahn-Teller effect and magnetism: transition metal compounds / K. Kugel', D. I. Khomsky // Sov. Phys. Usp. 1982. Vol. 25. P. 231.

2. Shiramura, W. Magnetization Plateaus in NH_4CuCl_3 / W. Shiramura, K. J. Takatsu, B. Kurniawan // Phys. Soc. Jpn. 1998. Vol. 67. P. 1548.

3. Slater, J. C. Simplified LCAO Method for the Periodic Potential Problem / J. C. Slater, G. F. Koster // Phys. Rev. 1954. Vol. 94. P. 1458.

4. Prokof'ev, N. V. Polaron Problem by Diagrammatic Quantum Monte Carlo / N. V. Prokof'ev, B. V. Svistunov // Phys. Rev. Lett. 1998. Vol. 81. P. 2514.

5. Аплеснин, С. С. Моделирование димерного состояния в $CuGeO_3$ в двумерной анизотропной модели Гейзенберга с альтернированным обменом / С. С. Аплеснин // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1997. Т. 112, № 12. С. 2184–2197.

6. Аплеснин, С. С. Неадиабатическое взаимодействие акустических фононов со спинами $S = 1/2$ в двумерной модели Гейзенберга / С. С. Аплеснин // Журн. эксперим. и теорет. физики. 2003. Т. 124, № 5. С. 1080–1089.

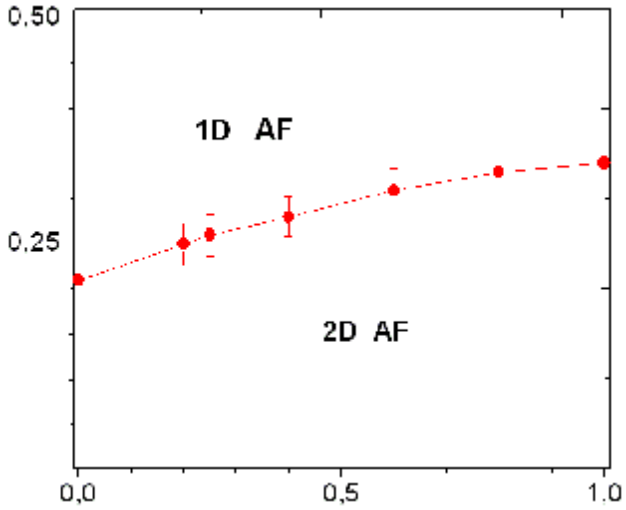


Fig. 8. Phase diagram of a magnetic containing the regions of quasi-two-dimensional AF with the orbital ordering d_{2x2}; d_{x2-y2} (under line) and quasi-one-dimensional AF with $d_{2x2} - d_{2x2}$ orbital ordering (upper line) in a plane alternation – anisotropy exchange

С. С. Аплеснин, А. И. Москвин, Н. И. Пискунова

ВЫЧИСЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ УПОРЯДОЧЕНИИ E_G ОРБИТАЛЕЙ В КВАЗИОДНОМЕРНЫХ И КВАЗИДВУМЕРНЫХ МАГНЕТИКАХ КВАНТОВЫМ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Исследовано влияние обменного механизма на упорядочение электронов на e_g орбиталях в цепочках и в двумерной модели Гейзенберга с обменной анизотропией для спина S = 1/2 квантовым методом Монте-Карло. Определены области существования дальнего квазиодномерного и квазидвумерного антиферромагнитного порядка со специальной топологий обмена. Найдено плато намагниченности в кривой намагниченности от поля и волновой вектор модуляции магнитной структуры с Q = p /2 на плоскости «магнитное поле – альтернирование обмена».

Ключевые слова: альтернирование обмена, орбитальное и магнитное упорядочение, страйпы.

УДК 629.198

В. З. Воронкович, П. А. Иосифов

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДА ПЛАНИРОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ СИСТЕМ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ К ИСПЫТАНИЯМ ЭЛЕКТРО- И РАДИОСИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ТЕХНИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Рассмотрено построение комплекса моделей планирования подготовки систем контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) к проведению испытаний, включающего математическую модель для расчета значений показателей надежности систем КПА и математическую модель процесса подготовки систем КПА к проведению испытаний.

Ключевые слова: модель, планирование, электрический, испытание, космический аппарат.

Задача планирования подготовки систем контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) к проведению электрических испытаний (ЭИ) космических аппаратов (КА) на техническом комплексе (ТК) заключается в последовательном решении таких задач, как оценивание значений показателей работоспособности систем КПА на текущий момент времени и прогнозирование их изменения на период проведения ЭИ КА; определение на основе полученного прогноза необходимости проведения предупредительных мероприятий, их объема, а также объема операций контроля технического состояния систем КПА; составление оптимального плана подготовки этих систем к проведению испытаний, обеспечивающего завершение процесса их подготовки к моменту начала ЭИ КА.

Для решения перечисленных задач необходимо построение комплекса математических моделей, включающего математическую модель для расчета значений показателей надежности систем КПА, математическую модель процесса их подготовки к проведению испытаний, а также прогнозную модель технического состояния систем КПА.

Для получения информации о характеристиках безотказности систем КПА в текущий момент времени авторами предложена модель для расчета значений показателей их надежности. Данная модель учитывает структуру систем, выполняемые ими функции, позволяет использовать имеющуюся статистическую информацию за предшествующий период эксплуатации и, в конечном счете, делать заключение о работоспособности систем КПА в текущий момент времени. Необходимость построения математических моделей систем КПА связана с тем, что структурная сложность и малосерийность систем КПА ЭИ КА, а также поддержание их постоянной готовности к проведению испытаний делают невозможным осуществление экспериментальных исследований надежности КПА.

Из всей совокупности рассмотренных моделей в рамках сформулированной задачи системы КПА наиболее адекватно описывают модели в виде аналитических выражений, с помощью которых можно отразить структурные и функциональные особенности анализируемых систем, и которые позволяют использовать имеющиеся статистические данные. Именно эти модели и положены в основу разработанной модели для расчета значений показателей надежности систем КПА ЭИ КА.

Для определения вероятности безотказной работы систем КПА в течение ЭИ КА сформулирован критерий отказа систем КПА при проведении этих испытаний. Процесс проведения ЭИ может быть представлен как определенная их программой последовательность выдачи системами КПА в требуемые моменты времени управляющих воздействий (УВ) на борт КА и получение квитанций об исполнении этих воздействий. При этом считается, что отказом системы КПА при проведении ЭИ КА будет являться событие, заключающееся в нарушении работоспособности системы КПА при выдаче любого управляющего воздействия или при приеме любой квитанции с борта КА.

Обозначим через A_j событие, заключающееся в отказе системы КПА при выдаче (приеме) УВ (квитанции). Тогда

$$P(A_j) = 1 - P(t_j), \quad (1)$$

где $P(t_j)$ – вероятность безотказной работы (ВБР) системы КПА в момент времени t_j выдачи j-го УВ.

Очевидно, что безотказность системы КПА при выдаче (приеме) УВ (квитанции) определяется безотказностью совокупности элементов системы, участвующих в выдаче (приеме) данного УВ (квитанции). Эта совокупность является частью структурно-функциональной схемы системы КПА, в соответствии с которой для каждого УВ (квитанции) можно составить схему прохождения УВ (квитанции). Эта схема может иметь разную степень детализации, в зависимости от того, что рассматривается в качестве элемента системы. Детализация схемы прохождения УВ (квитанции) в данной статье была осуществлена до невосстанавливаемого элемента системы КПА, которым может являться модуль или блок системы.

Схему прохождения УВ (квитанции) можно представить в виде структурной схемы надежности (ССН). Принимая в качестве допущения независимость отказов модулей системы и их нагруженное резервирование, вероятность $P(t_j)$ безотказной работы системы в момент выдачи j-го УВ определим следующим образом:

$$P(t_j) = \prod_{z=1}^{z} P_z(t_j), \quad (2)$$

где $P_z(t_j)$ – ВБР участков последовательного соединения схемы прохождения j-го УВ (квитанции) в системе КПА; z – число участков последовательного соединения схемы прохождения j-го УВ (квитанции).

Обозначим через A событие, заключающееся в непрохождении хотя бы одного УВ (квитанции) в течение ЭИ КА. Очевидно, что событие A задается событиями A_j, заключающимися в непрохождении j-го УВ (квитанции), а вероятность $P(A)$ наступления события A – вероятностями $P(A_j)$ наступления событий A_j. Эту зависимость в общем виде можно представить как

$$P(A) = f(P(A_1), \dots P(A_j), \dots P(A_k)), \qquad (3)$$

где k – число выдаваемых (принимаемых) УВ (квитанций).

События $A_1, \dots, A_k$ могут быть зависимыми или независимыми. Наличие зависимости между данными событиями определяется наличием общих участков в схемах прохождения УВ (квитанций). Для двух событий A_i, A_j при наличии общих участков в режимах выдачи (приема) i-го и j-го УВ (квитанции) вероятность $P(A_iA_j)$ того, что не пройдет и i-е, и j-е УВ (квитанция), имеет вид

$$P(A_iA_j) = P(A_i)P(A_j) + r(A_iA_j), \qquad (4)$$

где $r(A_iA_j)$ – коэффициент корреляции событий A_i и A_j.

Коэффициент корреляции $r(A_iA_j)$ характеризует степень зависимости этих событий:

$$r(A_iA_j) = \frac{P(A_{ij}) - P(A_i)P(A_j)}{\sqrt{P(A_i)P(A_j)P(\overline{A}_i)P(\overline{A}_j)}}, \qquad (5)$$

где $P(A_{ij})$ – вероятность наступления события A_{ij}, заключающегося в нарушении работоспособности общего участка в схемах прохождения i-го и j-го УВ (квитанции). Таким участком может быть как отдельный модуль, так и совокупность модулей. Тогда с учетом зависимости отказов вероятность безотказной системы КПА за время $\tau_{э.и}$ проведения ЭИ в общем виде можно представить как

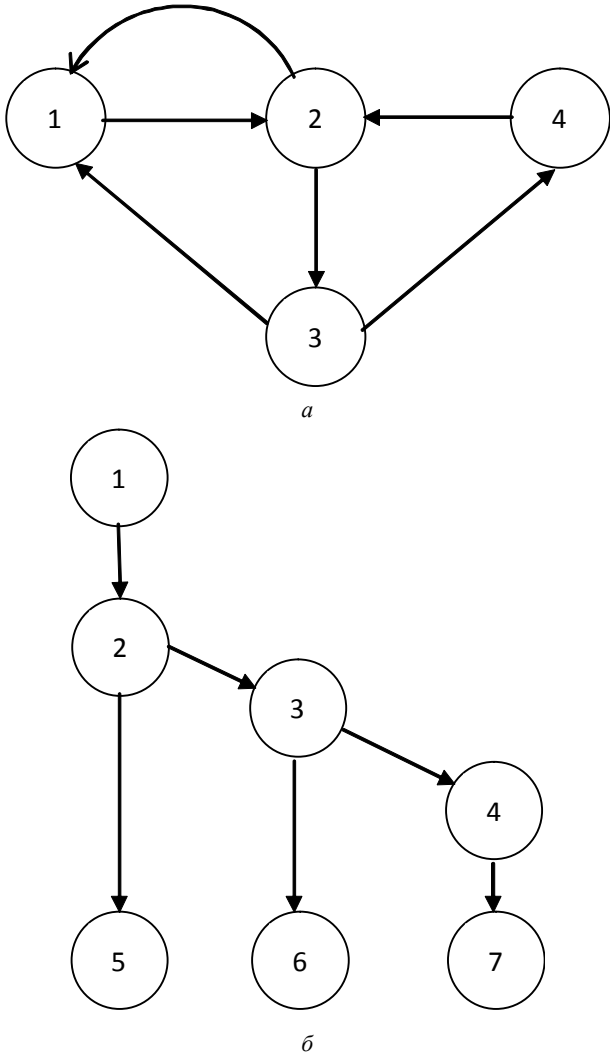
$$P(\tau_{э.и}) = 1 - P(A) = 1 - \\ - f[P(A_1), \dots, P(A_L), \{P(A_iA_j)\}], \qquad (6)$$

где L – число УВ, отказы при выдаче которых не зависят от отказов при выдаче других УВ.

Таким образом, выражения (3)...(6) являются математической моделью надежности систем КПА, которая учитывает структуру этих систем, выполняемые ими функции, наличие общих участков в схемах прохождения УВ (квитанций) и предысторию эксплуатации системы КПА.

Эта модель стала основой разработанной авторами математической модели процесса подготовки системы КПА к проведению испытаний, с помощью которой можно определить зависимость длительности подготовки этой системы к проведению испытаний от случайных величин, в частности момент начала подготовки систем КПА к испытаниям, и планировать весь этот процесс.

Процесс подготовки системы КПА состоит из двух групп отдельных технологических операций: группы операций контроля и группы операций восстановления. Первая группа операций проводится последовательно, поэтому их совокупность можно рассматривать как одну макрооперацию контроля с вложенной (при необходимости) технологической операцией восстановления. Аналогично последовательность технологических операций восстановления можно рассматривать как одну макрооперацию восстановления, после которой повторяются в необходимом объеме технологические операции контроля. Тогда процесс подготовки системы КПА к проведению испытаний можно рассматривать как последовательность трех макроопераций: контроля, восстановления и контроля после восстановления. В этом случае в качестве модели подготовки системы КПА к проведению испытаний можно использовать двухуровневую модель, в которой модели разных уровней имеют различную степень детализации протекающих при этом процессов: модели первого уровня детально описывают технологические операции контроля и восстановления, а модель второго уровня рассматривает процесс подготовки систем КПА к проведению испытаний в целом. С учетом этого для описания подготовки системы КПА к проведению ЭИ используем двухуровневую модель графа переходов системы КПА во множестве возможных состояний (рис. 1).



а

б

Рис. 1. Графовые модели системы КПА при проведении технологической операции контроля:
а – модель графа переходов; *б* – геометрическая модель структурного графа; 1 – система КПА готова к проведению очередной операции контроля; 2 – состояние, характеризуемое проведением операции контроля; 3 – состояние идентификации выявленного отказа; 4 – состояние выполнения операции восстановления; 5, 6, 7 – системой КПА завершено выполнение операции контроля и она готова к выполнению очередной операции

Модель технологической операции контроля. Эта модель представляет собой модель графа переходов системы КПА во множестве возможных состояний при проведении отдельной операции контроля (рис. 1, *а*).

Следует отметить, что длительность операции контроля определяется рядом величин. К ним следует отнести временные затраты на выполнение операции контроля, идентификацию выявленного отказа и восстановление отказавших модулей в случае их отказов при проведении операции.

С учетом этого замечания перейдем от замкнутого графа к структурному графу (рис. 1, *б*).

Введем следующие обозначения:

– z^+ – момент завершения макрооперации контроля при подготовке системы КПА к проведению испытаний;

– $z^+(k)$ – момент завершения k-й контрольной операции (КО), $k = \overline{1, K}$, где K – число КО;

– $z_f^-(k)$ – момент перехода в состояние f при проведении k-й операции контроля;

– $S(k)$ – длительность операции восстановления при обнаружении отказа во время проведения k-й операции контроля.

С учетом этих обозначений плотность $\varphi_{z^+}(u)$ распределения вероятностей момента z^+ завершения макрооперации контроля определяется с помощью следующей системы рекуррентных выражений:

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi_{z^+}(u) = \varphi_{z^+(K)}(u),\\
&\varphi_{z^+_{(k)}}(u) = P_1\varphi_{z5'(k)}(u) +\\
&+P_2[P_3\varphi_{z6'(k)}(u) + P_4\varphi_{z7'(k)}(u)],\\
&\varphi_{z2'(k)}(u) = \varphi_{z^+(k-1)}(u),\\
&\varphi_{z5'(k)}(u) = \varphi_{z2'(k)}(u + t^k_{\text{к.о}}),\\
&\varphi_{z3'(k)}(u) = \varphi_{z2'(k)}(u + t^k_{\text{к.о}}),\\
&\varphi_{z4'(k)}(u) = \varphi_{z3'(k)}(u)\varphi_{t_u}(u),\\
&\varphi_{z6'(k)}(u) = \varphi_{z3(k)}(u)\varphi_{t_u}(u),\\
&\varphi_{z7'(k)}(u) = \varphi_{z4'(k)}(u)\varphi_{S_{(k)}}(u).
\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Коэффициенты P_1, P_2, P_3, P_4 имеют следующий смысл:

$$\left.\begin{aligned}
&P_1 = \prod_{r=1}^{R} p^r_{\text{м}}(T),\\
&P_2 = 1 - P_1,\\
&P_1 + P_2 = 1,\\
&P_3 = \begin{cases} 1 \text{ при } q_s^k \in M_{ij},\\ 0 \text{ при } q_s^k \overline{\in} M_{ij}, \end{cases}\\
&P_4 = 1 - P_3,
\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где $p^r_{\text{м}}(T)$ – вероятность безотказной работы отдельного проверяемого модуля, рассчитанная с помощью модели надежности системы КПА; $M_{ij} = \{m_{ij}\} = M_i \cap M_j$ – множество модулей, проверяемых в i-й и j-й КО, $i \neq j$, $i = 1, \ldots, K, j = 1, \ldots, K$; q_s^k – число отказавших модулей при проведении k-й КО.

Соотношения (7), (8) представляют собой математическую модель технологических операций контроля в системе КПА, образующих макрооперацию контроля при подготовке этой системы к проведению ЭИ.

Модель технологической операции восстановления. Эта модель (рис. 2) представляет собой модель графа переходов системы КПА при проведении технологической операции восстановления во множестве возможных состояний (рис. 2, *а*).

Перейдем от замкнутого графа к структурному графу (рис. 2, *б*).

Введем следующие обозначения: S^+ – момент завершения макрооперации восстановления; $S^+(v)$ – момент завершения v-й операции восстановления, $v = \overline{1, V}$, где $V = S - L + D$ – число технологических операций восстановления, здесь S – число отказавших модулей, L – число модулей, восстановленных при проведении КО, D – число модулей с потенциальными отказами; $\bar{t}_l$ – средняя длительность определения типа отказавшего модуля; $S^-_q(v)$ – момент перехода системы КПА в состояние q при проведении v-й операции восстановления.

С учетом введенных обозначений запишем систему, позволяющую построить плотность $\varphi_{s^+}(u)$ распределения вероятностей момента S^+ завершения макрооперации восстановления:

$$\left.\begin{aligned}
&\varphi_{s^+}(u) = \varphi_{s^+_{(v)}}(u),\\
&\varphi_{s^+_{(v)}}(u) = p_1\varphi_{s6^-_{(v)}}(u) +\\
&+ = P_2\varphi_{s7^-_{(v)}}(u) + P_3\varphi_{s8^-_{(v)}}(u),\\
&\varphi_{s2^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s^+_{(v-1)}}(u),\ \overline{v = 2, V},\\
&\varphi_{s3^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s2^-_{(v)}}(u + \bar{t}_{\text{о}}),\\
&\varphi_{s4^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s2^-_{(v)}}(u + \bar{t}_{\text{о}}),\\
&\varphi_{s5^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s2^-_{(v)}}(u + \bar{t}_{\text{о}}),\\
&\varphi_{s6^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s3^-_{(v)}}(u)\cdot\varphi_{t3}(u),\\
&\varphi_{s7^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s4^-_{(v)}}(u)\cdot\varphi_{t\partial}(u),\\
&\varphi_{s8^-_{(v)}}(u) = \varphi_{s5^-_{(v)}}(u)\cdot\varphi_{t_p}(u).
\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Коэффициенты P_1, P_2, P_3 имеют следующий смысл:

$$\left.\begin{aligned}
&P_1 = P(q_s^k \in G),\\
&P_2 = P(q_s^k \in G),\\
&P_1 + P_2 + P_3 = 1,\\
&P_3 = 1 - (P_1 + P_2).
\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Соотношения (9), (10) представляют собой математическую модель технологических операций восстановления в системе КПА, которые составляют макрооперацию восстановления при подготовке этой системы к проведению ЭИ.

Модель подготовки системы КПА к проведению испытаний. Совокупность макроопераций контроля технического состояния системы КПА и восстановления работоспособности системы составляет процесс подготовки системы КПА к проведению ЭИ.

Для получения закона распределения длительности подготовки системы КПА к проведению испытаний воспользуемся графом переходов системы КПА во множестве возможных состояний (рис. 3).

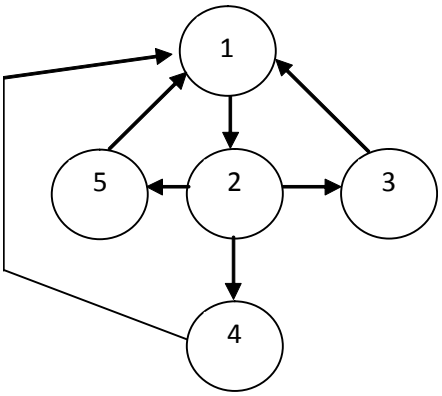
В соответствии с моделью последовательных переходов запишем следующее выражение:

$$t = T_{\text{н}} + t_{\text{к}} + t_{\text{в}} + t'_{\text{к}}, \qquad (11)$$

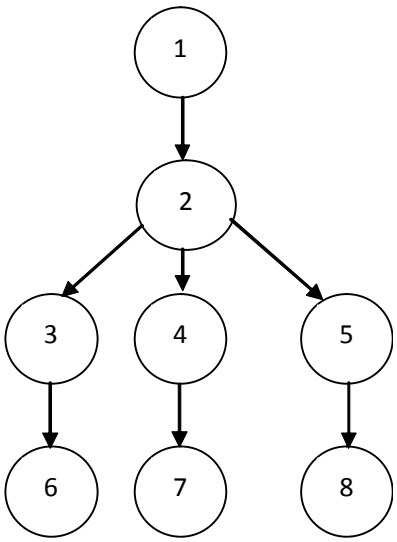
где t – длительность проведения подготовки системы КПА к проведению испытаний; $t_{\text{к}} = z^{+} = z(K)$ – длительность проведения макрооперации контроля технического состояния; $t_{\text{в}} = S^{+} = S^{+}(V)$ – длительность проведения макрооперации восстановления работоспособности системы КПА; $t'_{\text{к}} = z^{+} = z(M)$ – длительность проведения макрооперации контроля технического состояния после окончания макрооперации восстановления работоспособности системы КПА; M – количество операций контроля, необходимых для проверки V восстановленных модулей; $T_{\text{н}}$ – оптимизируемый параметр – момент начала подготовки системы КПА к проведению испытаний.

Выражение (11) позволяет установить зависимость между характеристиками временных затрат на подготовку системы КПА к проведению испытаний и оптимизируемым параметром – моментом начала подготовки системы.

Введем ряд обозначений: $T^{\text{к}}$ – заданный момент окончания подготовки системы КПА к проведению испытаний; $T^{\text{к}}$ – момент окончания подготовки системы КПА к проведению испытаний; $T_{\text{к}}^{\text{н}}, T_{\text{к}}^{\text{к}}$ – моменты начала и окончания макрооперации контроля технического состояния системы КПА; $T_{\text{в}}^{\text{н}}, T_{\text{в}}^{\text{к}}$ – моменты начала и окончания макрооперации восстановления работоспособности системы КПА; $T_{\text{к}}'^{\text{н}}, T_{\text{к}}'^{\text{к}}$ – моменты начала и окончания макрооперации контроля после проведения макрооперации восстановления.



а



б

Рис. 2. Графовые модели технологической операции восстановления систем КПА: *а* – модель графа переходов системы КПА при проведении технологической операции восстановления; *б* – геометрическая модель структурного графа; 1 – система КПА готова к проведению очередной операции восстановления; 2 – состояние определения принадлежности отказавшего модуля множеству Z модулей, имеющихся в составе ЗИП системы КПА, и множеству G модулей, имеющихся в составе ЗИП аналогичной системы; 3 – состояние восстановления системы КПА, в случае если отказавший модуль принадлежит множеству Z (замена отказавшего модуля исправным из состава ЗИП системы); 4 – состояние восстановления системы КПА при принадлежности отказавшего модуля множеству G (замена отказавшего модуля исправным модулем из состава ЗИП аналогичной системы); 5 – состояние восстановления системы КПА путем ремонта отказавшего модуля; 6, 7, 8 – системой КПА закончено проведение операции восстановления и она готова к выполнению очередной операции восстановления

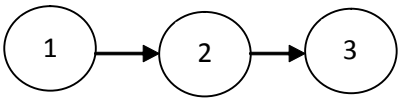


Рис. 3. Модель графа переходов системы КПА: 1, 3 – на системе КПА проводится макрооперация контроля технического состояния системы; 2 – на системе КПА проводится макрооперация восстановления системы КПА

В соответствии с тем что процесс подготовки КПА к проведению испытаний представлен в виде последовательности макроопераций (11), можно записать следующие равенства:

$$\left.\begin{aligned} T^{\text{к}} &= T^{\text{н}} + t_{\text{к}} + t_{\text{в}} + t'_{\text{к}}, \\ T^{\text{к}} &= T_{\text{к}}'^{\text{к}} = T_{\text{к}}'^{\text{н}} + t'_{\text{к}}, \\ T_{\text{к}}'^{\text{н}} &= T_{\text{в}}^{\text{к}}, \\ T_{\text{в}}^{\text{к}} &= T_{\text{в}}^{\text{н}} + t_{\text{в}}, \\ T_{\text{в}}^{\text{н}} &= T_{\text{к}}^{\text{к}}, \\ T_{\text{к}}^{\text{к}} &= T^{\text{н}} + t_{\text{к}}. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

На основании соотношений (12) запишем систему, позволяющую рекуррентно построить плотность распределения вероятностей момента $T^{\text{к}}$:

$$\left.\begin{aligned} \varphi_{T^{\text{к}}}(u) &= \varphi_{T_{\text{к}}'^{\text{к}}}(u), \\ \varphi_{T_{\text{к}}'^{\text{к}}}(u) &= \varphi_{T_{\text{к}}'^{\text{н}}}(u) \cdot \varphi_{z^{+}(M)}(u), \\ \varphi_{T_{\text{к}}'^{\text{н}}}(u) &= \varphi_{T_{\text{в}}^{\text{к}}}(u), \\ \varphi_{T_{\text{в}}^{\text{к}}}(u) &= \varphi_{T_{\text{в}}^{\text{н}}}(u) \cdot \varphi_{s^{+}}(u), \\ \varphi_{T_{\text{в}}^{\text{н}}}(u) &= \varphi_{T_{\text{к}}^{\text{к}}}(u), \\ \varphi_{T_{\text{к}}^{\text{к}}}(u) &= \varphi_{z^{+}}(u - T^{\text{н}}). \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Выражения (11)...(13) представляют собой математическую модель процесса подготовки системы КПА к про-

ведению испытаний, которая включает модели технологических операций контроля и восстановления.

Таким образом, построенная выше система математических моделей позволяет определять момент начала процесса подготовки систем КПА к проведению ЭИ и проводить вычисление вероятности завершения подготовки систем КПА к этому процессу к требуемому моменту времени.

Прогнозная модель технического состояния систем КПА. Задача оценки технического состояния систем КПА на период ЭИ, решаемая при планировании их подготовки к проведению испытаний, представляет собой задачу прогнозирования технического состояния систем, т. е. задачу прогнозирования значений показателей надежности систем КПА для ЭИ КА. Одним из основных этапов при решении этой задачи является выбор или создание модели прогнозируемого объекта.

Если при изучении текущих значений характеристик объекта можно непосредственно исследовать интересующий объект, то при решении задачи прогнозирования необходимо производить выбор или разработку прогнозной модели этого объекта. Анализ объекта прогнозирования включает этапы определения функций объекта, уточнения его структуры и анализа имеющейся исходной информации. При планировании подготовки систем КПА к проведению испытаний объектом прогнозирования являются системы КПА.

В разработанном авторами методе прогнозирования значений показателей надежности процедура получения прогнозной модели осуществляется в два этапа. На первом этапе определяется закон распределения времени безотказной работы систем КПА. На втором этапе полученный закон распределения и модель для расчета значений показателей надежности систем КПА используются для получения аналитической зависимости, с определенной точностью связывающей величину ВБР систем КПА в течение ЭИ с величинами ВБР совокупности элементов КПА, которые обеспечивают выдачу на борт КА конкретных УВ. Полученная зависимость и будет прогнозной моделью систем КПА.

То, что системы КПА являются уникальными системами, объясняет связанный с этим малый объем выборки моментов выявления отказов систем (число наблюдений < 50). С учетом этого обстоятельства для получения закона распределения времени безотказной работы систем КПА был использован метод построения оценки плотности и функции распределения случайной величины по малой выборке. В этом методе определение вида и параметров закона распределения случайной величины состоит из следующих процедур:

– вычисления оценок плотности и функции распределения времени безотказной работы системы КПА;

– выдвижения гипотезы о виде теоретического закона распределения;

– определения параметров принятого теоретического закона распределения по имеющейся выборке моментов выявления отказов системы КПА;

– вычисления значений теоретической функции распределения для значений, соответствующих выборке;

– проверки сходимости эмпирической функции распределения с принятым теоретическим распределением.

В основе получения прогнозной модели технического состояния системы КПА лежит способ рациональной обработки результатов пассивных многофакторных испытаний. В этом случае под *отдельным опытом* понимается ЭИ КА, под *выходным параметром* – вероятность безотказной работы системы КПА при проведении ЭИ КА, под *факторами* – ВБР совокупности элементов системы, обеспечивающих выдачу конкретных УВ. Значения ВБР системы КПА при проведении ЭИ определяются функцией распределения времени безотказной работы систем КПА, которую строят на основании имеющейся статистической информации об их отказах. Значения ВБР совокупности элементов, обеспечивающих выдачу УВ, получают в соответствии с рассчитанными значениями показателей надежности систем КПА.

Обозначим через R – число ЭИ КА, проведенных за весь период эксплуатации системы КПА. Используя модель для расчета значений показателей надежности систем КПА, для каждого $r = 1, \ldots, R$ можно определить ВБР совокупности элементов системы КПА, обеспечивающей выдачу j-го УВ, т. е. получить временной ряд изменения ВБР данной совокупности элементов за весь период эксплуатации системы. В итоге получим K' временных рядов. Представим полученные результаты в виде матрицы П размерности $K' \times R$, в которой число столбцов соответствует количеству K' выдаваемых системой УВ, а число строк – количеству R проведенных ЭИ КА:

$$\Pi = \left\| \begin{matrix} P_{11}\ P_{12}\ \ldots P_{1j} \ldots P_{1K'} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ P_{R1}\ P_{R2} \ldots P_{Rj} \ldots R_{RK'} \end{matrix} \right\|. \qquad (14)$$

На основе закона распределения времени безотказной работы системы КПА получим R значений вероятности безотказной работы системы КПА за время ЭИ КА и представим их в виде матрицы P:

$$P = \left\| \begin{matrix} P_{c1} \\ \ldots. \\ P_{cR} \end{matrix} \right\|. \qquad (15)$$

Авторами выдвинута гипотеза о том, что аналитическая зависимость, связывающая элементы матриц (14) и (15), имеет линейный характер:

$$P_{\text{с}}(t_{\text{э.и}}) = b_{\text{о}} + \sum_{j=1}^{K'} b_j P(t_j). \qquad (16)$$

Вектор $B_{<K2+1>}$ коэффициентов математической модели (16) вычисляется с помощью следующего выражения:

$$B = (\overset{\text{о}}{\Pi}{}^T \overset{\text{о}}{\Pi}{}^T) 1^{-1} \overset{\text{о}}{\Pi}{}^T P, \qquad (17)$$

где $\overset{\text{о}}{\Pi}{}^T$ – транспонированная матрица центрированных значений ВБР системы КПА в течение ЭИ КА при выдаче УВ.

Любой j-й коэффициент математической модели можно вычислить по формуле

$$b_j = (\delta_p^* / \delta_j^*) \times \times (r_{11}^{-1} r_{1p}^* + \ldots + r_{ij}^{-1} r_{jp}^* + \ldots + r_{RK'}^{-1} r_{K'P}^*), \qquad (18)$$

где r_{ij}^{-1} – элемент обратной корреляционной матрицы; r_{ij}^* – коэффициент корреляции между i-м и j-м УВ; r_{ip}^* –

коэффициент корреляции между выходным параметром модели $P_c(t_{э.и})$ и фактором $P(t_j)$:

$$r^*_{jp} = (\sum_{i=1}^{R} [P_i(t_j) - \overline{P(t_j)}][P_{ci}(t_{э.и}) - \overline{P_c(t_{э.и})}]) / (R-1)\delta^*_p\delta^*_j, \quad (19)$$

здесь δ^*_p – среднеквадратическое отклонение $P_C(t_{э.и})$, δ^*_j – среднеквадратическое отклонение $P(t_j)$.

Корреляционная матрица размерностью $(K'+1)\cdot(K'+1)$ составляется из соответствующих коэффициентов корреляции. Элементы обратной корреляционной матрицы являются частными от деления алгебраических дополнений элементов корреляционной матрицы на ее определитель. После вычисления значений коэффициентов b_j следует проверить точность полученной модели (выдвинутой гипотезы).

Зависимость (16) можно считать прогнозным трендом, устанавливающим зависимость ВБР системы КПА не только от времени, но и от совокупности характеристик системы, т. е. ВБР совокупности элементов системы, обеспечивающих решение задач определенных УВ. А поскольку известно, что если при анализе исследуемого процесса есть основания применить допущения о наличии тренда и об отсутствии в будущем существенных изменений в условиях, определяющих тенденцию развития в прошлом, то процесс экстраполяции заключается в подстановке величины периода упреждения в формулу, описывающую тренд. Таким образом, получение прогноза о значении ВБР систем КПА в течение предстоящих ЭИ КА будет заключаться в подстановке в зависимость (16) требуемого периода упреждения.

Представленный в данной статье метод прогнозирования значений показателей надежности позволяет оценивать вероятность безотказной работы систем КПА на предстоящий период проведения ЭИ КА. В основе данного метода лежит модель для расчета значений показателей надежности систем КПА, оценивающая изменение этих показателей от начала эксплуатации до текущего момента времени. Полученный прогноз является основой для принятия решения о необходимости проведения предупредительных мероприятий и распределения их объема и последовательности реализации. Помимо определения объема этих мероприятий, предлагаемый метод позволяет рассчитать объем операций контроля технического состояния, обеспечивающий проверку технического состояния всех элементов систем КПА при оптимально возможном количестве операций контроля.

Непосредственное планирование подготовки систем КПА с определением последовательности операций контроля и предупредительных мероприятий, а также момента начала подготовки систем КПА к проведению испытаний осуществляется на основании модели процесса подготовки систем КПА к проведению испытаний, при которой показатель эффективности этого процесса принимает максимально возможное значение.

На основании всех разработанных моделей и методов создана методика подготовки систем КПА к проведению ЭИ КА.

V. Z. Voronkovich, P. A. Iosifov

MATHEMATICHAL PROVIDING OF THE PLANNING METHOD OF SUPERVISORY EQUIPMENT SYSTEM PREPARATION FOR ELECTRONIC AND RADIOTESTING OF SPACECRAFTS

The paper is dedicated to the development of model complex of planning for supervisory equipment (SE) system preparation tests, including mathematical model for calculation reliability indexes of SE system and mathematical model of SE system testing process preparation.

Keywords: model, planning, electric, test ,spacecraft.

УДК 681.3

M. V. Karaseva

MULTILINGUAL TECHNOLOGY. SYSTEM ASPECTS OF ITS ORGANIZATION AND USAGE

System aspects of multilingual adaptive-training technology organization and usage to train multilingual vocabulary are considered. Information vocabulary support of the technology is presented. Its realization is directed at the architectural layer of rules primary, corresponded to the functions of adaptive-training model and multilingual term basis.

Keywords: multilingual approach, adaptive model, system architecture, frequency term dictionary, adaptive-training technology.

Adaptive-training technology is developed as a model approach of the training problem, proposed and developed by professor L. Rastrigin [1]. The relation between a teacher and a learner is considered as the relation between a controlled and controlling units. It permits to use the control theory methods. It's difficult to construct the precise model, that is why it is necessary to construct the approximate model and to adapt its parameters corresponding to a real unit (a learner). This approach, realized for multilingual adaptive-training technology is considered. The main applied aspect of the technology is a practical problem solution of the foreign vocabulary study and intensive store of the profession-oriented vocabulary for specialists, students, working with foreign literature or listening to lectures in foreign languages.

Multilingual adaptive-training technology. One of the ways of foreign profession-oriented vocabulary study is to use the algorithm of training, operated on the basis of the adaptive model of a learner, taking into account the individual peculiarities of memory and forgetting [2].

Formally one can present memory as a totality of a great number of cells. Let the cell number of the native words be

$$K_N = \{k_1, \ldots, k_N\},$$

where each cell contains a native word.

When one studies the first foreign language (e. g. English), a new number of cell to memorize new English words is generalized as a result of the supplement of new words:

$$K_E = \{k_1, \ldots, k_E\},$$

Further, associations of an *i*-native word (e. g. Russian) appear with its English equivalent

$$A_i^{NE}, \quad i = 1, \ldots, N.$$

When one studies the second foreign language (e. g. German) in a period of time, new cells appear to memorize German words.

Let's denote a number of cells as

$$K_G = \{k_1, \ldots, k_G\}.$$

A set K_G is a bit higher then a set of memorized English words, as a number of elements K_E reduces depending on the time passed after the previous memorizing.

One can see the dependence of time and memory capacity in fig. 1. Newly memorized German words take up former «English cells», which are empty by the time. The information is transformed from short-term into long-term memory.

New associations of native words with their German equivalents appear as well:

$$A_i^{NG}, \quad i = 1, \ldots, N.$$

The degree of their relation varies depending on the time of memorizing and forgetting.

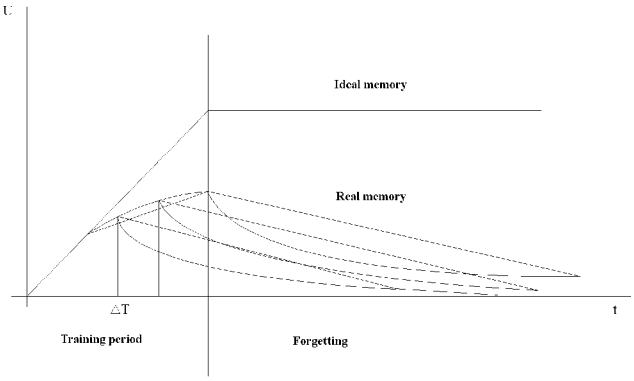


Fig. 1. Variation of the total learned information capacity while memorizing and forgetting

Using the information multilingual adaptive-training technology word meanings of all simultaneously learned languages store in the same cell and fixed there at the same time. And the time passed after memorizing is the same. Forgetting rates could be a bit different because of the subjective personal peculiarities, but all the rest factors will be identical for both words [2].

So called multiple associations appear. Let's take as an example tripartite associations with English and German equivalents:

$$A_i^{NEG}, \quad i = 1, \ldots, N.$$

The call process to a set of cells happens only once and associations don't conflict.

The associated parameter expressing the constraint degree of an *i*-native word with its two foreign equivalents can be presented as:

$$F_i(A^{NEG}) = 1 - e^{-v_0 n}, \tag{1}$$

where n – number of seances; v_0 – information perception rate:

$$v_0 = \frac{M_n}{\lambda T_n}, \tag{2}$$

where M_n – memorizing capacity U_n; T_n – n-seance duration; $0 < 1 < 1$ – loss information coefficient while memorizing.

The main components of the information-algorithmic support of the multilingual training technology are computer systems, realizing adaptive training algorithm and electron frequency term dictionaries.

The main advantages of this computer system are mentioned below:

– word frequency is taken into account (to memorize words more frequently used in the text);

– individual peculiarities of memorizing are granting;

– seance intervals are unrestricted;

– information amount in comparison with the total information amount is taken into account;

– multilingual approach provides associative field generation round memorized terms;

– forgetting rate reduction of the memorized information while repetition is taken into account.

System aspects of multilingual technology organization. The basis of any methodology is a system architecture as well as certain strategies, analysis and design methods. The architecture of modern systems is three-layered and it has the following characteristics:

– strictly defined layers;

– formal and explicit interfaces between layers;

– invisible and protected details inside a layer.

According to the mentioned requirements system architecture of the multilingual adaptive-training technology is presented in fig. 2.

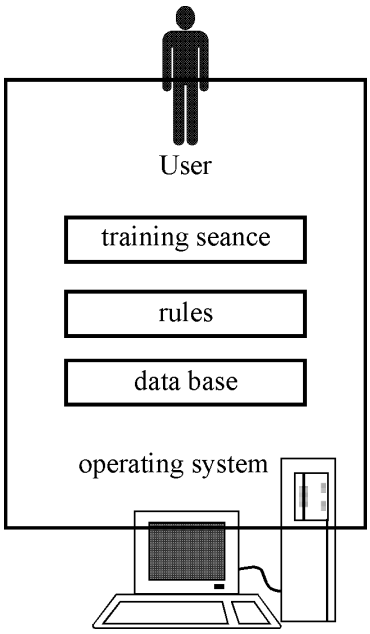


Fig. 2. System architecture of multilingual technology

The three layers (data base, rules, a seance) reflect the increase of the abstraction level of the system architecture. The most detailed level is data base, more elevated abstraction level is a level of rules and the most elevated abstraction level is a level of sйances [3]. This architecture contains a layer of rules which is a relatively new concept directed toward a multilingual approach and corresponded to adaptive-training model functions.

The table 1 present three-layer system architecture of the multilingual technology according to the modern structure methodology and its steps of development (requirement analysis, design, realization).

So multilingual adaptive-training technology is regulated by structural system methodology and adapted for three-components architecture owing to the priority of the rule layer, corresponding to the functions of adaptive-training technology within the bounds of multilingual term basis.

Information – term support of the multilingual technology. To form information-term basis of the multilingual-training technology it is necessary first of all to develop electronic frequency multilingual dictionaries for different fields. These dictionaries are the term basis for the developing computer system to study foreign vocabulary. Term selection and term frequency effect the training system. The pointed characteristics are included into the training model and influence the quality of training process.

So, term set, corresponding to the basis information component of the multilingual training technology can be described the following way:

Multilingual component = {language term 1, language term 2, …, language term *N*, language frequency 1, language frequency 2, …, language frequency *N*}/

DSSD uses an analogous notation (fig. 3).

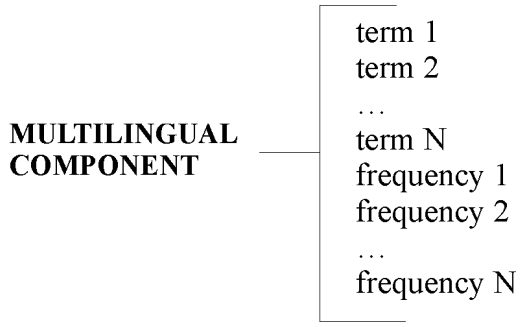


Fig. 3. Description of the basis information component using DSSD notations

Constructs of Varnie–Orra diagrams are obvious from the example (fig. 4). Two basis constructs of Varne–Orra diagrams are given: hierarchy and sequence [2]. They can be interpreted the following way: the first stage of the multilingual technology is a seance structure selection of multilingual components; the second stage is determination of characteristics and requirements; the third stage is training.

Table 1

System stages of three-layered architecture of the multilingual technology

Layers	Analysis	Design	Realization
Seance of training	Stream of seances	Stream of interactive interaction	Dialogue «user-system»
Rules	Stream of processes	Model of components	Program
Data base	Data model	Data base scheme	Multilingual term tables, electronic dictionaries etc.

Logic of data processing for multilingual technology, defined by Varnie–Orra diagrams and supported by program and algorithmic means is described below.

Multilingual technology usage while developing the system of vocabulary training. We modified the approach, proposed by professor Z. A. Rastrigin. In this case a learner is an object of control, and a teacher or trained device is a source of control [1].

Look at the training process scheme (fig. 5). Y is a trainer's state, measured by data unit; Y' – information about trainer's state got by a teacher in answer to questions U, besides U includes the portion of training information. Purpose of training Z^* and resources R are given to the teacher.

We describe a trainer state at the n-th seance by an ignorance probability vector:

$$Y_n = P_n = (p_1^n, p_2^n, ..., p_N^n),$$

where p_i^n – ignorance probability of the i-th element a moment t_n.

Using data of psychology in the field of memory research we choose exponential dependency as a model:

$$p_i^n = p_i(t_i^n) = 1 - e^- e^{\alpha_i^n t_i^n}, \quad (3)$$

where α_i^n – rate of forgetting the i-th element at the n-th seance; t_i^n – time after last learning the i-th TI element. The forgetting rate of each element is reduced, if this element is given to the trainer to learn, and it is not changed otherwise:

$$\alpha_i^{n+1} = \begin{cases} \alpha_i^n, \text{if } i \notin U_n, \\ \gamma' \alpha_i^n F_n^{NEG}, \text{ if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 1, \\ \gamma'' \alpha_i^n F_n^{NEG}, \text{if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 0,5, \\ \gamma''' \alpha_i^n F_n^{NEG}, \text{ if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 0, \ n = 1, 2, ..., \end{cases} \quad (4)$$

where α_i^1 – initial value of the rate of forgetting, estimated by the maximal probability method according to the expression (6), $0 < \alpha_i^1 < 1$, (i = 1, 2, ..., N); $\hat{\alpha} = -\ln \frac{M_n - x}{M_n}$, x – a number of elements unremembered from M_n; γ', γ'', γ''' – parameters defining the individual features of trainer memory, estimated by the maximal probability method, $0 < \gamma' < 1$, $0 < \gamma'' < 1$, $0 < \gamma''' < 1$.

An answer to tests $R_n = (r_1^n, ..., r_{Mn}^n)$ can be written as:

$$r_i^n = \begin{cases} 1, \text{ if there is no answer,} \\ 0,5, \text{ if there is no answer at least in one language,} \\ 0, \text{ if answer at right.} \end{cases} \quad (5)$$

The effectiveness criterion Q_n should define a level of training. For the foreign language learning problem the level of training is defined by ignorance probability of any TI element:

$$Q_n = \sum_{i=1}^{N} p_i(t_i^n) q_i \to \min, \quad (6)$$

where $p_i^n(t_i^n)$ – probability of i-th TI element ignorance; q_i – a relative frequency of the element appearance in the text, $0 < q_i < 1$:

$$q_i = \frac{q_i^{\max}}{V},$$

where $q_i^{\max} = \max q\{q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}\}$ – an absolute frequency of the element appearance in the text, q_{i1}, q_{i2}, q_{i3} – frequencies of English, German and Russian word from the corresponding multilingual frequency dictionary; V – text volume for frequency dictionary.

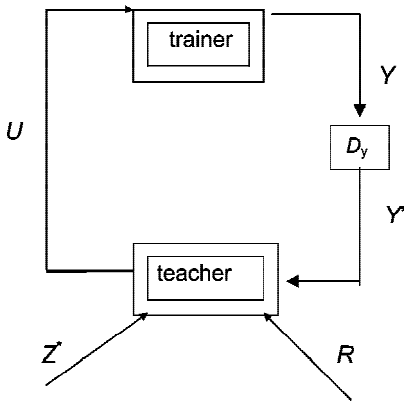


Fig. 5. Training process scheme

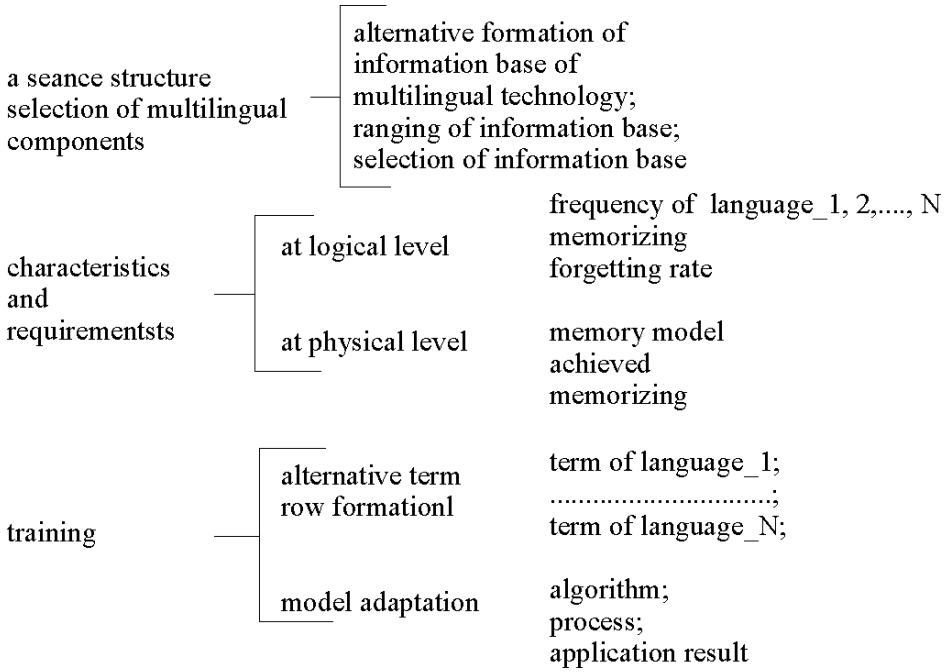


Fig. 4. Varne–Orra diagram for the main stages of multilingual technology.

To minimize Q_n it is necessary to include the elements of the greatest meaning of multiplication $p_i(t_i^n)q_i$ because their memorizing causes multiplication vanishing and decreases the meaning Q_n essentially.

Therefore it is required to find M_n maximal members of sum in the criterion, whose indexes define TI portion. They can be found by the rule:

$$u_1 = \arg\max_{1\le i\le N} p_i(t_i^n)q_i^{\max},$$

$$u_2 = \arg\max_{1\le i\le N,\, i\ne N} p_i(t_i^n)q_i^{\max}, \qquad (7)$$

$$u_{M_n} = \arg\max_{1\le i\le N} p_i(t_i^n)q_i^{\max},$$

$$i \ne u_j \ (j = 1, 2, ..., M_n - 1),$$

where $\arg\max\{a_i\} = i^*$ is index i^*O U is index of maximal $a_{i,}$ it means $a_i^* = \max a_i$, and $\{u_1, ..., u_{Mn}\}$ – TI portion given to the trainer at the n-th seance.

Let T_n be the duration of the n-th seance or time for learning a portion. We assume that time of learning the i-th element is directly proportional to its ignorance probability. Then

$$M_n = \max_{1\le M\le N}\left\{M : T_n \ge k \sum_{i\in\{u_1,...,u_M\}} p_i(t_i^n)\right\}, \qquad (8)$$

where k – average learning time of TI element at its first presentation to the trainer; $u_1, ..., u_M$ – numbers of TI elements. Parameter k is unknown a priori and should be adapted:

$$k_{n+1} = k_n + \mu\,(T_n' - T_n), \qquad (9)$$

where m is unmeasured coefficient of adaptation rate; T'_n is time spent by the trainer to learn U_n.

The training is completed when Q_n is of the required level of training δ. A number of seances n determines a duration of training, when $Q_n \le \delta$.

So, one can distinguish the following stages of the training algorithm:

1. Check knowledge of portion TI and as a result construct a set of answers to the test according to the expression (5).

2. Realize parameter adaptation of the model according to the rule (5) taking into account expressions (1) and (2).

3. Correct the ignorance probability vector of TI elements, i. e. form $P_n + 1$ according to the expressions (3) и (4) and taking into account forgetting time after last learning tin:

$$t_i^{n+1} = \begin{cases} \Delta t_n, \text{ если } i \in U_n, \\ t_i^n + \Delta t_n, \text{ если } i \notin U_n, \ n = 0, 1, \ldots . \end{cases}$$

4. Calculate Q_{n+1} according to the expression (6).

5. If $Q_{n+1} \le \delta$, then the training process is terminated; otherwise you should define TI portion U_{n+1} by expression (7), and present this portion to the learner taking into account rules (8) and (9).

The authors compared proposal training modal with already known training models. The experiment of comparison is in the following:

– to make a plan of the experiment, sufficient to all models;

– to receive an experimental curve which points determine a part of incorrect answers at each stage of training;

– to estimate model's parameters by experimental data and theoretical training curve construction for each model;

– to estimate the proximity of the theoretical and experimental curves by the chosen criterion;

– choice of the model, describing the training process best.

For the experiment training models of Rastrigin, Bush–Mosteller, Miller–McHill, Terstone, Restle and Krichevski were chosen [1]. Theoretical training curves were constructed for all models and collected in one diagram. The proximity level of the theoretical training curve by the experimental one was estimated as:

$$\rho_i = \sum_{n=0}^{K-1}\left|\Theta(n) - M\Theta^{(i)}(n)\right|,$$

where i – model number, $i = 1, 2, \ldots, 7$; $K = 8$; $\Theta(n)$ – points of the experimental curve; $M\Theta^{(i)}(n)$ – points of theoretical training curve, received with a help of the i-th model.

The receive results (table 2) show that multilingual-adaptive model coincide rather well with experimental data, so points of the theoretical training curve are closed to the points of the experimental curve.

The training algorithm and information support has been realized in the multilingual computer system to train profession vocabulary «Virtual Teacher 1.0» (fig. 6), working under Windows 9x/2000.

The system is aimed at intensive accumulation of the foreign vocabulary and is an advanced tool for it. With a help of «Virtual Teacher 1.0» the first version of which is used in a practice the vocabulary of three languages can be learnt simultaneously.

The way of the work with the system «Virtual Teacher 1.0» is in fig. 7. It is possible to use frequency dictionaries of different fields, done according to the system format.

The system provides the opportunity to store user's data and to come back to an interrupted seance of training. A training coefficient is done in real time. Having achieved the required level a user is recommended to take the following seance of training.

One can update dictionaries, attach new dictionaries, form one's own dictionaries. It is possible to use simultaneously a separate program module with concordance functions.

Table 2

Results of the experiment

Model number	Model	ρ
1	Multilingual-adaptive	0,124
2	Adaptive	0,135
3	Bush–Mostller	0,406
4	Miller–Mchill	0,893
5	Terstone	0,458
6	Restle	0,160
7	Krichevski	0,697

So, a thoroughly selected complex of training programs (e. g. a text editor, Internet browser, trivial electronic dictionaries and encyclopedias) provides an opportunity to create computer training environment, as an integrated mean of foreign language study on the basis of the described system.

This paper mainly studies system aspects of a new multilingual adaptive-training system technology. The approach usage let use information basis, model and training algorithms more effectively. The approach enlarges professional vocabulary of a few foreign languages simultaneously.

The authors presented modification of training model and algorithm, using associative parameter, which shows the relation of a native word with its foreign equivalents. The training algorithm has been realized in the multilingual computer system «Virtual Teacher 1.0» to memorize professional vocabulary. A lexical basis is a special English-German-Russian frequency dictionary of System Analysis for students of this specialization as well as interpreters, specialists who deals with system analysis problems.

Bibliography

1. Rastrigin, L. A. Adaptive training with a puple as a model / L. A. Rastrigin, M. Kh. Erenshtein // Riga : Zinatne, 1988.

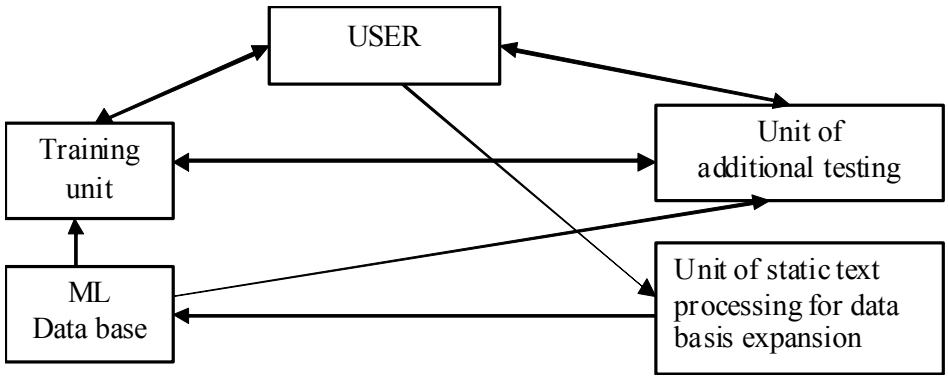


Fig. 6. Conceptual scheme of system

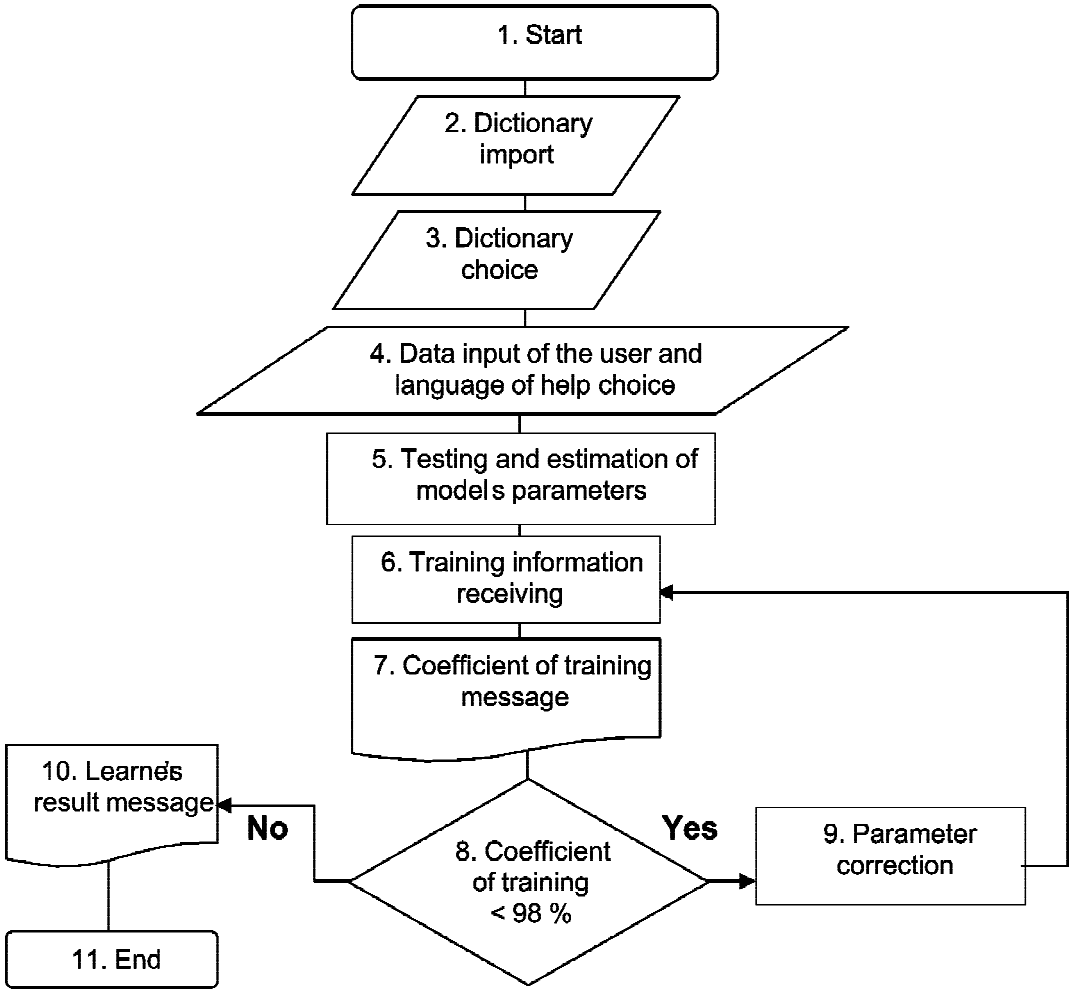


Fig. 7. System work scheme

2. Kovalev, I. V. Information training technology: learner's memory state model / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva, E. A. Souzdaleva // Advances in Modeling : J. of AMSE Periodicals. Ser. B. 2002. Vol. 45, № 1. P. 21–32.

3. Kovalev, I. V. Adaptive algorithm of foreign vocabulary training on the basis of lexically related components / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva, O. V. Leskov // Control systems and information technology : Sci. J. 2008. № 4 (34). P. 78–82.

М. В. Карасева

МУЛЬТИЛИНГВИСТИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ

Рассмотрены системные аспекты организации мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии и ее применение для изучения многоязычной терминологической лексики. Представлено информационно-терминологическое обеспечение этой технологии, реализованное с учетом ориентации на первичность архитектурного слоя правил, соответствующего функциям адаптивной модели обучения и многоязычному терминологическому базису.

Ключевые слова: мультилингвистический подход, адаптивная модель, системная архитектура, частотный терминологический словарь, адаптивно-обучающая технология.

УДК 519.688

М. П. Варыгина, И. В. Киреев, О. В. Садовская, В. М. Садовский

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ В МОМЕНТНЫХ СРЕДАХ НА МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ[1]

Для численного исследования динамических задач моментной теории упругости Коссера на многопроцессорных вычислительных системах разработаны параллельные алгоритмы, программная реализация которых выполнена по технологии SPMD на языке Fortran-95 с использованием библиотеки передачи сообщений MPI. Программный комплекс оснащен средствами сжатия больших массивов данных с контролируемой потерей информации, позволяющими многократно снизить сетевой трафик при копировании файлов – результатов счета с удаленного кластера и служащими для компактного хранения численных решений в постоянной памяти компьютера.

Ключевые слова: моментный континуум, упругие волны, высокопроизводительные вычисления.

Моментная теория упругости Коссера [1; 2] служит для описания деформации материалов с микроструктурой: композитов, гранулированных, порошкообразных, микроразрушенных и микрополярных сред. В отличие от обычной теории упругости в ней неявно присутствует малый параметр среды – характерный размер частиц микроструктуры, поэтому при численном решении задач расчеты необходимо выполнять на сетках, размер ячеек которых меньше этого параметра. При решении динамических задач в пространственной постановке эффективными оказываются параллельные алгоритмы, поскольку они позволяют распределять вычислительную нагрузку между большим числом узлов кластера, что дает возможность существенно измельчать расчетные сетки, повышая тем самым точность численного решения.

Математическая модель. В модели моментной среды, кроме поступательного движения, которое характеризуется вектором скорости v, рассматриваются независимые повороты частиц с вектором угловой скорости щ, и наряду с тензором напряжений у, компоненты которого несимметричны, вводится несимметричный тензор моментных напряжений m. Полную систему уравнений модели образуют уравнения движения, кинематические соотношения и обобщенный закон линейной теории упругости:

$$\begin{aligned} \rho\dot{v} &= \nabla\cdot\sigma + \rho g, \\ j\dot{\omega} &= \nabla\cdot m - 2\sigma^a + jq, \\ \dot{\Lambda} &= \nabla v + \omega, \quad \dot{M} = \nabla\omega, \\ \sigma &= \lambda(\delta:\Lambda)\delta + 2\mu\Lambda^s + 2\alpha\Lambda^a, \\ m &= \beta(\delta:M)\delta + 2\gamma M^s + 2\varepsilon M^a, \end{aligned} \qquad (1)$$

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 08–01–00148), Комплексной программы фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук № 2 «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация» и Междисциплинарного интеграционного проекта Сибирского отделения Российской академии наук № 40.

где ρ – плотность среды; g – вектор массовых сил; q – вектор моментов; Λ и M – равные нулю в естественном (ненапряженном) состоянии среды тензоры деформаций и кривизны; j – инерционный параметр, равный произведению момента инерции частицы относительно оси, проходящей через ее центр тяжести, на число частиц в единице объема; δ – символ Кронекера; λ, μ, α, β, γ и ε – коэффициенты упругости для изотропного материала. В (1) также используются общепринятые обозначения и операции тензорного анализа: двоеточие означает двойную свертку, точка над символом – производную по времени, звездочка – транспонирование, верхними индексами s и a отмечены симметричная и антисимметричная составляющие тензоров. С антисимметричной составляющей, где это необходимо, отождествляется соответствующий ей вектор, в частности в уравнения вращательного движения входит вектор тензора $\sigma^a = (\sigma - \sigma^*)/2$. Для оценки линейного параметра микроструктуры материала справедлива формула $r = \sqrt{5j/(2\rho)}$, основанная на модельном представлении о среде как о плотной упаковке ансамбля шарообразных частиц одинакового радиуса.

В пространственном случае система уравнений (1) включает 24 уравнения относительно 24 неизвестных функций. Можно переписать ее в матричной форме [3]:

$$A\dot{U} = B^1 U_{,1} + B^2 U_{,2} + B^3 U_{,3} + QU + G, \qquad (2)$$

где U – вектор-функция, составленная из компонент векторов скорости и угловой скорости, несимметричных тензоров напряжений и моментных напряжений. В декартовой системе координат U принимает вид

$$U = (v_1, v_2, v_3, \sigma_{11}, \sigma_{22},$$
$$\sigma_{33}, \sigma_{23}, \sigma_{32}, \sigma_{31}, \sigma_{13}, \sigma_{12}, \sigma_{21},$$
$$\omega_1, \omega_2, \omega_3, m_{11}, m_{22}, m_{33},$$
$$m_{23}, m_{32}, m_{31}, m_{13}, m_{12}, m_{21}).$$

В вектор G входят массовые силы и моменты. Матрицы-коэффициенты A, B^1, B^2 и B^3 симметричны, а матрица Q антисимметрична. Матрица A положительно определена, если выполняются условия, ограничивающие допустимые значения параметров среды:

$$3\lambda + 2\mu,\ \mu,\ \alpha > 0,\ 3\beta + 2\gamma,\ \gamma,\ \varepsilon > 0.$$

При выполнении этих условий потенциальная энергия упругой деформации представляет собой положительную квадратичную форму, а система уравнений (2) является гиперболической по Фридрихсу.

Для гиперболической системы корректно поставлена краевая задача с начальными данными и диссипативными граничными условиями [4; 5], выполнение которых для любых двух векторов-функций U и $\hat{U}$ в точках границы обеспечивает выполнение неравенства

$$\left(\hat{U} - U\right)\left(n_1 B^1 + n_2 B^2 + n_3 B^3\right)\left(\hat{U} - U\right) \le 0.$$

К диссипативным, в частности, относятся условия в напряжениях, которые формулируются в рамках модели моментной среды следующим образом:

$$\sigma_{ik} n_i = p_k, \qquad m_{ik} n_i = q_k,$$

где n – вектор внешней нормали; p и q – заданные на границе векторы внешних усилий и моментов (суммирование производится по повторяющимся индексам), а также условия в скоростях: $v = v_0$, $\omega = \omega_0$.

Вычислительная технология. Для проведения численного исследования краевых задач для системы (2) разработан параллельный вычислительный алгоритм, основанный на методе двуциклического расщепления по пространственным переменным [3]. Полученные в результате этого расщепления одномерные системы решаются с помощью явной монотонной ENO-схемы с предельной реконструкцией решения.

Алгоритм реализован в виде комплекса программ на языке Fortran-90 с использованием библиотеки MPI (*Message Passing Interface*) по технологии SPMD (*Single Program – Multiple Data*). Распараллеливание выполнено на основе блочного разбиения области решения задачи. Программный комплекс позволяет проводить расчеты распространения волн, вызванных внешними механическими воздействиями, в массиве среды, составленном из произвольного числа разнородных блоков с криволинейными границами. Внутренние границы раздела блоков считаются согласованными, что в общем случае достигается с помощью фиктивного разбиения расчетной области. На внешних границах допускается постановка основных типов краевых условий в напряжениях и скоростях, а также неотражающих условий, моделирующих беспрепятственное прохождение волн. Универсальность программ обеспечивается за счет специальной упаковки переменных, используемых на каждом из вычислительных узлов кластера, в одномерные массивы большой размерности.

Необходимые для расчета исходные данные должны представляться в виде текстовых файлов, организованных по типу реляционных таблиц. Один из таких файлов содержит механические параметры материалов в блоках, другой – условия нагружения, в третьем хранится информация о блочной структуре массива: количество слоев по переменной x_1, количество полос в слое по переменной x_2 и количество блоков в полосе по переменной x_3, координаты вершин блоков, а также идентификационные номера материалов и пространственные размерности сеток. Расчетные сетки, вообще говоря, не стыкующиеся на межблочных границах, в простейшем варианте строятся с помощью кубических эрмитовых сплайнов. Склейка решений на границах раздела выполняется специальной процедурой, в которой решение на измельченной сетке, получаемой пересечением граничных ячеек соседних блоков, находится с помощью уравнений на характеристиках, а затем переносится на исходные сетки методом осреднения.

Каждый из узлов кластера при выполнении программы-препроцессора упаковывает исходные данные в двоичный файл прямого доступа – файл вещественных чисел, в который поблочно записываются параметры материала, часть сетки, приходящаяся на этот узел, и начальные значения решения, и файл целых чисел, содержащий соответствующие им адреса (указатели) – порядковые номера первых элементов. Вещественные файлы такой же структуры в дальнейшем будут создаваться основной программой для организации контрольных точек при счете и для последующего анализа полученных результатов. Суммарный размер таких файлов может значитель-

но превышать объем оперативной памяти отдельного процессора.

Каждый процессор при старте основной программы считывает целочисленный файл и соответствующий ему вещественный файл. Далее целочисленный массив (образ целочисленного файла) редуцируется, т. е. параметры сетки и указатели принимают в нем индивидуальные значения для данного узла. Распределение расчетной области между процессорами производится по принципу равномерной загрузки: если размерность сетки какого-либо блока больше средней размерности в расчете на один узел кластера, то этот блок обслуживается несколькими узлами, и наоборот, один и тот же узел обслуживает несколько блоков, если их суммарная размерность не превосходит среднюю размерность.

Для примера рассмотрим расчетную область в виде куба для двухслойной разнородной среды (слои разделены между собой поверхностью типа гиперболического параболоида), разбитую на 8 криволинейных блоков, с грубой разностной сеткой, построенной в каждом из блоков автономно (рис. 1, *а*), а также выделенную четверть расчетной области (два блока) (рис. 1, *б*) с учетом симметрии задачи, равномерно распределенной программой-препроцессором между 72 процессорами: $4^3 = 64$ процессора обслуживают верхний блок и $2^3 = 8$ – нижний.

Основная программа на каждом узле кластера выполняется одни и те же вычисления, которые сводятся к взаимно согласованной поэтапной реализации метода расщепления по пространственным переменным на каждом шаге по времени. Исключение составляют процессоры, производящие помимо этого еще и склейку решений на внутренних границах. Условия склейки реализуются по следующей схеме. Процессоры, обслуживающие приграничные блоки (блоки, расположенные по обе стороны от границы раздела), передают необходимую информацию одному из процессоров, который производит расчет всей границы в целом и рассылает результаты в обратном направлении. Из соображений минимизации количества пересылок используются различные варианты разбиений расчетной области: 1D, 2D или 3D. Если разделяющая блоки граница лежит внутри области, обслуживаемой одним процессором, то такая склейка выполняется автономно.

При решении одномерных систем уравнений в блоке используется обычная технология законтурных ячеек (рис. 2): каждый процессор сначала обменивается с соседними процессорами граничными значениями своих данных, а затем пересчитывает искомые величины в соответствии с разностной схемой и с учетом данных, полученных от соседних процессов. Обмен данными осуществляется с помощью функции Sendrecv библиотеки MPI. Для минимизации времени счета объем блока передаваемых данных (и, следовательно, число передач) варьируется путем совместного решения определенного количества одномерных систем.

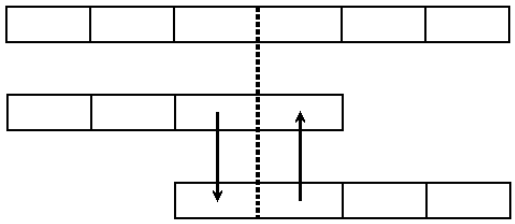
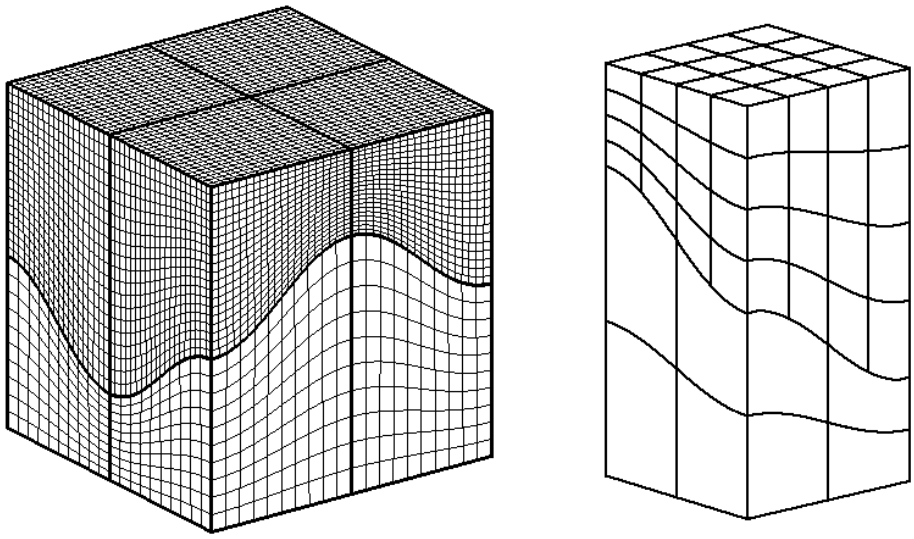


Рис. 2. Схема обмена между процессорами с законтурными ячейками

Процедуру сжатия файлов, содержащих результаты счета, выполняет программа-постпроцессор, поскольку размер таких файлов может быть очень большим и для их транспортировки по сети потребуются значительные ресурсы. Графический вывод результатов осуществляется с помощью специальных программ, предназначенных для обычного персонального компьютера.

Алгоритм сжатия файлов. Идея сжатия файлов числовых данных для компактного хранения и передачи решения заимствована в методе разделения переменных, в соответствии с которым заданная скалярная функция u, зависящая от вектора $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$, разлагается в бесконечный ряд. Элементы этого ряда представляют собой произведения одномерных функций:



а *б*

Рис. 1. Сетка и четверть расчетной области с разбиением на процессы

$$u(x) = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k X^{k,1}(x_1) X^{k,2}(x_2) \dots X^{k,n}(x_n).$$

Дискретный аналог ряда с разделенными переменными выглядит следующим образом:

$$u_{i_1 i_2 \dots i_n} = \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k X^{k,1}_{i_1} X^{k,2}_{i_2} \dots X^{k,n}_{i_n}. \quad (3)$$

Обычно в методе разделения переменных базисные функции $X^{k,2}, \dots, X^{k,n}$ являются собственными функциями некоторого дифференциального оператора. В данном случае они определяются из соображений наилучшего приближения u. При вычислении первого слагаемого ряда решается задача условной минимизации квадратичной функции

$$\sum_{i_1=1}^{M_1} \sum_{i_2=1}^{M_2} \dots \sum_{i_n=1}^{M_n} (u_{i_1 i_2 \dots i_n} - \lambda X^1_{i_1} X^2_{i_2} \dots X^n_{i_n})^2 \quad (4)$$

относительно переменных λ, $X^1_{i_1}$, $X^2_{i_2}$, …, $X^n_{i_n}$. При этом предполагается, что выполнены следующие условия нормировки:

$$\sum_{i_1=1}^{M_1} (X^1_{i_1})^2 = \sum_{i_2=1}^{M_2} (X^2_{i_2})^2 = \dots = \sum_{i_n=1}^{M_n} (X^n_{i_n})^2 = 1.$$

Точка минимума (4) удовлетворяет системе уравнений, которая может быть получена с учетом условий нормировки методом множителей Лагранжа:

$$\lambda = \sum_{i_1=1}^{M_1} \sum_{i_2=1}^{M_2} \dots \sum_{i_n=1}^{M_n} u_{i_1 i_2 \dots i_n} X^1_{i_1} X^2_{i_2} \dots X^n_{i_n}, \quad (5)$$

$$X^k_{i_k} = \frac{\sum_{i_1=1}^{M_1} \dots \sum_{i_{k-1}=1}^{M_{k-1}} \sum_{i_{k+1}=1}^{M_{k+1}} \dots \sum_{i_n=1}^{M_n} u_{i_1 i_2 \dots i_n} X^1_{i_1} \dots X^{k-1}_{i_{k-1}} X^{k+1}_{i_{k+1}} \dots X^n_{i_n}}{\sqrt{\sum_{i_k=1}^{M_k} \left(\sum_{i_1=1}^{M_1} \dots \sum_{i_{k-1}=1}^{M_{k-1}} \sum_{i_{k+1}=1}^{M_{k+1}} \dots \sum_{i_n=1}^{M_n} u_{i_1 i_2 \dots i_n} X^1_{i_1} \dots X^{k-1}_{i_{k-1}} X^{k+1}_{i_{k+1}} \dots X^n_{i_n} \right)^2}}. \quad (6)$$

Эта система используется при численной реализации алгоритма. Параметр λ определяется по формуле (5) в завершение расчета, когда базисные функции уже найдены.

Для получения базисных функций применяется один из вариантов метода последовательных приближений. Учитывая условие нормировки, начальное приближение для $X^k_{i_k}$ принимается равным $1/\sqrt{M_k}$. Все последующие приближения рассчитываются по формуле (6), в которой значения $X^{k+1}_{i_{k+1}}, \dots, X^n_{i_n}$ берутся с предыдущего шага, а в качестве $X^1_{i_1}, \dots, X^{k-1}_{i_{k-1}}$ участвуют вновь вычисленные значения. Таким образом, реализуется полунеявная процедура вычислений, аналогичная методу Зейделя для решения линейных систем алгебраических уравнений. Второе и все оставшиеся слагаемые ряда (3) находятся так же. При определении второго слагаемого дискретная функция $u_{i_1 i_2 \dots i_n}$ заменяется погрешностью $u_{i_1 i_2 \dots i_n} - \lambda X^1_{i_1} X^2_{i_2} \dots X^n_{i_n}$, полученной после вычисления на предыдущем этапе, и т. д. Условие окончания счета формулируется в терминах относительной среднеквадратичной погрешности приближения.

Необходимо отметить, что для функции двух независимых переменных, определенной на прямоугольнике, алгоритм сжатия файлов полностью совпадает с алгоритмом вычисления наибольшего собственного значения и соответствующего собственного вектора симметричной неотрицательно определенной матрицы, полученной степенным методом Люстерника.

Описанный выше алгоритм сжатия и вопросы сходимости итерационного процесса и ряда (3) с разделенными переменными в двумерном случае детально исследованы в [6–8], где показано, что скорость сходимости ряда (3) определяется гладкостью аппроксимируемой функции u. Однако для n независимых переменных эти вопросы еще далеки от своего полного решения.

В качестве примера, иллюстрирующего работоспособность алгоритма сжатия, на рис. 3 приведено графическое изображение исходного файла данных, моделирующего сферическую ударную волну на сетке из 50×50×50 ячеек (слева), и результата сжатия (справа). Были вычислены 7 членов ряда. Коэффициент сжатия файла – 1/120. Относительная погрешность, характеризующая потерянную информацию, равна 1,5 %.

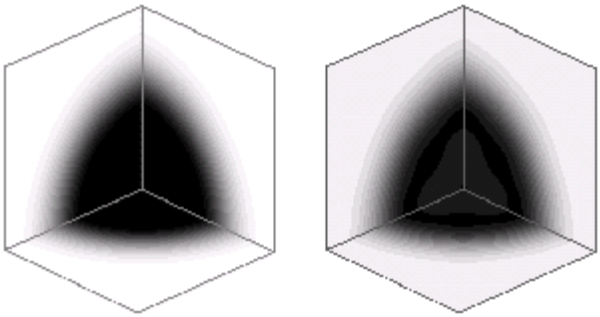


Рис. 3. Сферическая ударная волна и результат сжатия

Также приведем исходную картину и результат сжатия файла для функции

$$u(x_1, x_2, x_3) = e^{-k(r-r_0)^2/r_0^2} \quad (r^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2),$$

описывающей локализацию решения на сфере радиуса r_0 (рис. 4). Здесь безразмерный параметр локализации $k = 20$, а радиус сферы равен наибольшей диагонали параллелепипеда. В данном случае число членов ряда равно 12, относительная погрешность вычислений – 2,2 %, коэффициент сжатия – 1/70. Число членов ряда, необходимое для достижения заданной погрешности, растет с увеличением степени локализации, т. е. коэффициента k. Таким образом, рассматриваемый алгоритм сжатия при наличии локализаций решения в весьма узких областях становится малоэффективным.

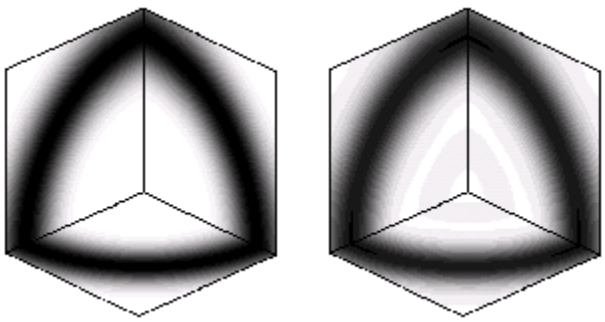


Рис. 4. Локализация решения на сфере и результат сжатия

Проведенная серия расчетов показала, что итерационный процесс на основе формул (5) и (6) является экономичным в том смысле, что требуемое для заданной точности число итераций метода последовательных приближений практически не зависит от размерности дискретной задачи.

Библиографический список

1. Cosserat, E. Theorie des Corps Deformables / E. Cosserat, F. Cosserat // Chwolson's Traité Physique. 2nd ed. Paris, 1909. P. 953–1173.

2. Пальмов, В. А. Основные уравнения теории несимметричной упругости / В. А. Пальмов // Прикл. математика и механика. 1964. Т. 28, вып. 3. С. 401–408.

3. Садовская, О. В. Математическое моделирование в задачах механики сыпучих сред / О. В. Садовская, В. М. Садовский. М. : Физматлит, 2008.

4. Годунов, С. К. Уравнения математической физики / С. К. Годунов. М. : Наука, 1979.

5. Рихтмайер, Р. Принципы современной математической физики / Р. Рихтмайер. М. : Мир, 1982.

6. Аграновский, М. Л. Об одном разложении в гильбертовом пространстве / М. Л. Аграновский, Р. Д. Баглай // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 1977. Т. 17, № 4. С. 871–878.

7. Поспелов, В. В. О приближении функций нескольких переменных произведениями функций одного переменного: препр. / В. В. Поспелов ; Ин-т прикл. математики АН СССР. М., 1978.

8. Поспелов, В. В. О погрешности приближения функции двух переменных суммами произведений функций одного переменного / В. В. Поспелов // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 1978. Т. 18, № 5. С. 1307–1308.

M. P. Varygina, I. V. Kireev, O. V. Sadovskaya, V. M. Sadovsky

SOFTWARE FOR THE ANALYSIS OF WAVE MOTION IN MOMENT CONTINUA ON PARALLEL SUPERCOMPUTERS

For numerical analysis of dynamic problems of Cosserat elasticity theory on multiprocessor computer systems the parallel algorithms are worked out, which software implementation is fulfilled in Fortran-95 using the SPMD technology and the MPI library. The software package is provided by means of the data bulk compression with controlled information loss, permitting multiply decrease the network traffic while copying files with the results of computations from the remote cluster, and serving for the compact storage of numerical solutions in read-only memory of the computer.

Keywords: Cosserat continuum, elastic waves, high-performance computing.

УДК 004.021

М. А. Селиванова, Т. А. Фонина, Е. Е. Шукшина

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕКСИКЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

В качестве реализации подхода Л. А. Растригина к адаптивному обучению рассмотрена программная система адаптивного обучения терминологической лексике английского языка.

Ключевые слова: адаптивная система, терминологическая лексика, обучение.

Процесс разработки любого достаточно сложного программного продукта, как правило, разделяют на этапы концептуализации, анализа, проектирования, реализации и сопровождения [1].

На этапе концептуализации выявляется сущность требований к программной системе: идентифицируются решаемые ею задачи, определяется среда, в которой она будет функционировать, необходимость соответствия стандартам, выясняются различного рода требования к пользовательскому интерфейсу, производительности и надежности создаваемой системы.

На этапе анализа определяется поведение системы с точки зрения ее пользователей: выявляются группы пользователей, формируются сценарии их взаимодействия с системой, приводящие к решению стоящих перед нею задач.

На этапе создания архитектуры для реализации системы определяется ее организация, выбираются структурные элементы, составляющие систему, и их интерфейсы, задается порядок взаимодействия элементов друг с другом, а также структурные и поведенческие элементы подсистем. На данном этапе принимаются решения, касающиеся архитектурного стиля, направляющего и определяющего всю организацию системы: ее статических и динамических элементов, их интерфейсов, кооперации и способа их объединения. На этом этапе также выбираются инструментальные средства разработки.

На этапе реализации системы происходит создание программного продукта по разработанным на предыдущих шагах спецификациям, проведение различного рода испытаний и внесение необходимых изменений в про-

граммный продукт как на уровне реализации, так и на уровне системной архитектуры.

На этапе сопровождения обеспечивается поддержка нормальной работы разработанной системы, исправление обнаруженных ошибок и внесение изменений.

В данной статье рассматривается системная архитектура, предназначенная для создания на ее основе системы адаптивного обучения терминологической лексике английского языка [2].

Система адаптивного обучения терминологической лексике английского языка. К данной системе предъявлялись следующие требования:

– она должна обеспечивать реализацию адаптивного обучения терминологической лексике английского языка, используя предложенную в работах [3–7] технологию;

– должна поддерживать использование нескольких частотных словарей, их добавление и удаление;

– должна поддерживать последовательную работу нескольких обучаемых и обеспечивать работу одного обучаемого с несколькими частотными словарями;

– должна иметь стандартный графический пользовательский интерфейс;

– должна быть предназначена для использования в учебном процессе в школе, вузе, а также при самостоятельном обучении.

Общий алгоритм работы системы выглядит следующим образом. Обучаемый запускает систему, выбирает свое имя в списке учетных записей или создает для себя новую учетную запись, введя свое имя. Затем он выбирает один из имеющихся в системе частотных словарей.

Если обучаемый ранее обращался к выбранному словарю, то система переходит к проверке состояния предыдущей сессии обучения. В противном случае система копирует в специальную таблицу слова из выбранного словаря, а также слова, не присутствующие в данном словаре, но участвующие в объяснении его терминов. Затем она начинает предварительное обучение. Цель предварительного обучения – определить сложность изучаемого материала для обучаемого. Когда он закончит предварительное обучение, система запомнит, какие слова были предложены ему для запоминания.

Далее система определяет, протестировал ли обучаемый знание слов, заученных в ходе предыдущей сессии обучения. Если еще не было пройдено нужное количество сессий предварительного обучения, то система проводит такую сессию и по ее окончанию завершает работу. Затем она настраивает параметры модели обучаемого и определяет, все ли базовые лексические единицы (ЛЕ) были правильно переведены пользователем при тестировании. Если это условие выполняется, то система формирует модуль из терминов, если нет, то она формирует модуль из базовых лексических единиц. После этого система выдает обучаемому модуль для обучения.

Предварительное заучивание лексических единиц проходит следующим образом (рис. 1).

Шаг 1. Если в заучиваемом частотном словаре есть базовые ЛЕ, ранее не показанные обучаемому, то систе-

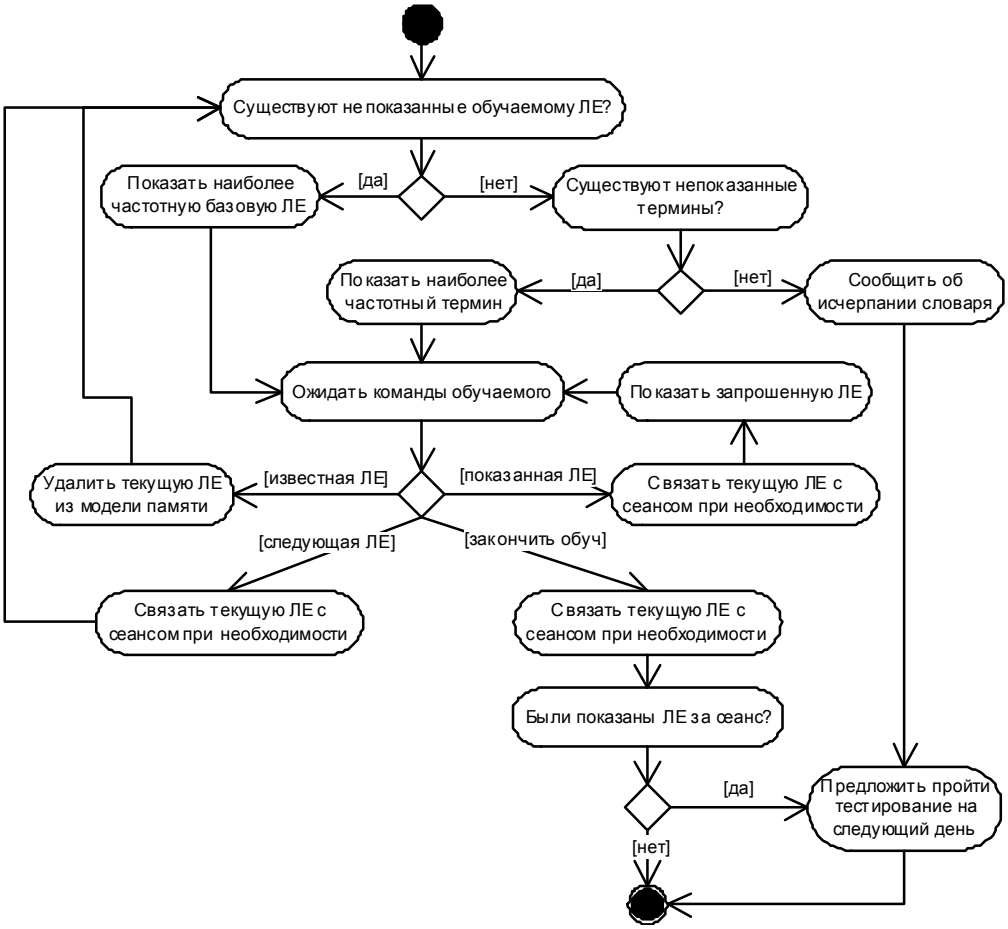


Рис. 1. Схема процесса предварительного заучивания лексики

ма выбирает из них наиболее частотную единицу, показывает ее вместе с переводом на русский язык, после чего выполняет переход на шаг 4.

Шаг 2. Если в заучиваемом частотном словаре присутствуют термины, ранее не показанные обучаемому, то система выбирает из них наиболее частотный, показывает его обучаемому вместе с его объяснением на английском языке и выполняет переход на шаг 4.

Шаг 3. Если в заучиваемом частотном словаре не осталось ЛЕ, ранее не показанных обучаемому, то система сообщает ему об этом, предлагает пройти тестирование на следующий день и завершает работу.

Шаг 4. Система ожидает команды обучаемого.

Шаг 5. Если обучаемый запрашивает следующую ЛЕ, то система проверяет, была ли текущая ЛЕ показана обучаемому для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает текущую лексическую единицу как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения и переходит на шаг 1.

Шаг 6. Если обучаемый запрашивает одну из лексических единиц, показанных ему в ходе текущего сеанса, то система проверяет, была ли текущая ЛЕ показана обучаемому для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает текущую лексическую единицу как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения, затем показывает запрошенную ЛЕ и переходит на шаг 4.

Шаг 7. Если обучаемый прекращает сеанс обучения, то система проверяет, была ли текущая лексическая единица показана ему для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает текущую ЛЕ как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения. Затем система предлагает пройти тестирование на следующий день, сохраняет данные о времени просмотра пользователем каждой из показанных ему за текущий сеанс лексических единиц и завершает работу.

Заучивание базовых и терминологических лексических единиц проходит следующим образом (рис. 2).

Шаг 1. Система настраивает параметры модели обучаемого.

Шаг 2. Система определяет оптимальный объем модуля обучающей информации.

Шаг 3. Система проверяет, остались ли в частотном словаре лексические единицы изучаемого типа (базовые или термины), не просмотренные обучаемым в ходе текущей сессии. Если такие ЛЕ присутствуют в словаре, то система переходит к шагу 5.

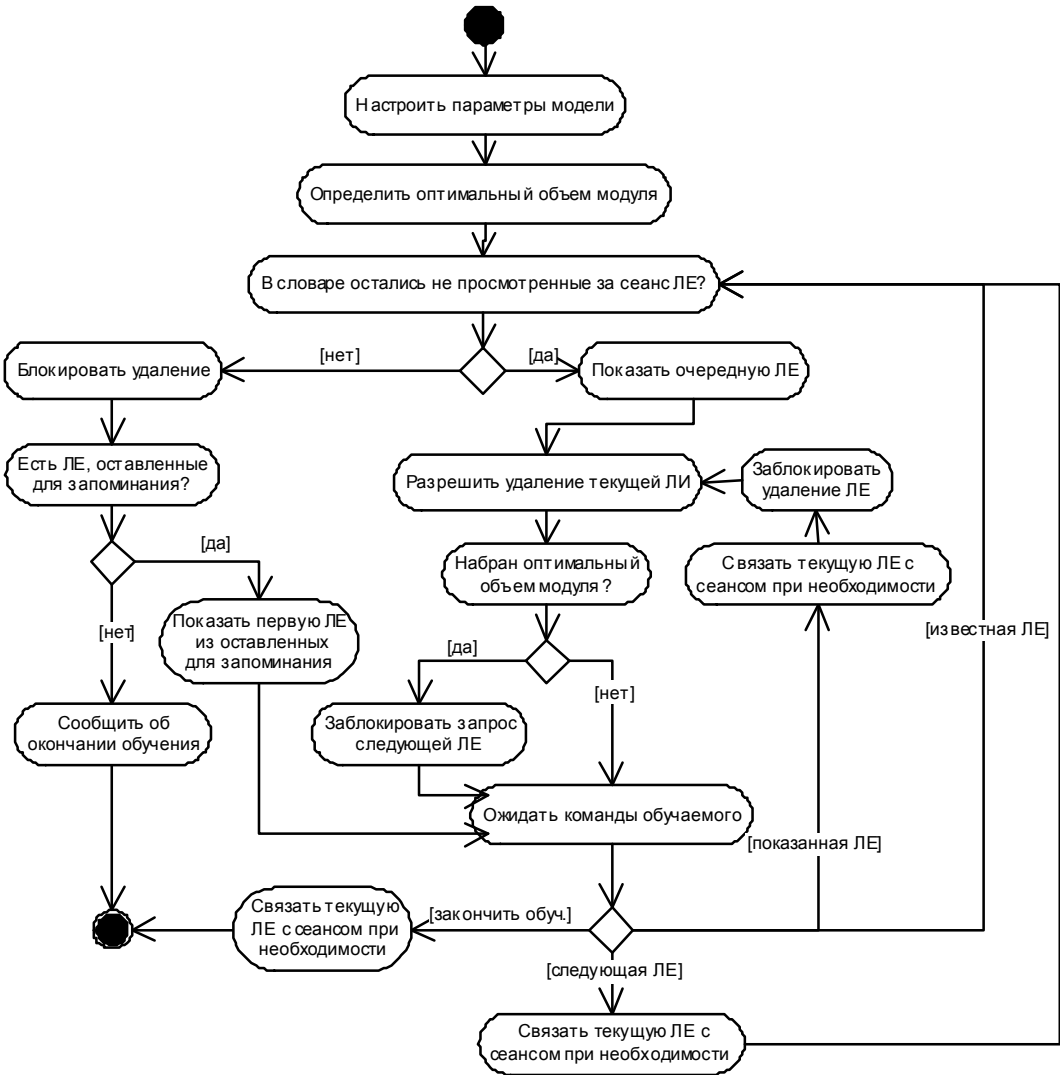


Рис. 2. Схема процесса заучивания лексики

Шаг 4. Система блокирует возможность удаления просматриваемой и запроса следующей лексической единицы и проверяет, была ли хотя бы одна ЛЕ оставлена пользователем для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система сообщает об окончании обучения и завершает работу. В противном случае система показывает первую лексическую единицу, оставленную обучаемым для запоминания в ходе текущего сеанса обучения, и переходит на шаг 7.

Шаг 5. Система показывает пользователю очередную лексическую единицу и разрешает возможность ее удаления обучаемым.

Шаг 6. Если оптимальный объем модуля набран, то система блокирует возможность запрашивать очередную лексическую единицу.

Шаг 7. Система ожидает команды обучаемого.

Шаг 8. Если обучаемый удаляет текущую лексическую единицу, то система переходит на шаг 3.

Шаг 9. Если обучаемый запрашивает очередную лексическую единицу, то система переходит на шаг 13.

Шаг 10. Если обучаемый запрашивает одну из лексических единиц, показанных ему в ходе текущего сеанса обучения, то система переходит к шагу 15.

Шаг 11. Если обучаемый прекращает обучение, то система проверяет, была ли текущая лексическая единица показана обучаемому для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает эту ЛЕ как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения.

Шаг 12. Система предлагает обучаемому пройти тестирование на следующий день, сохраняет данные о времени просмотра обучаемым каждой из показанных ему за текущий сеанс лексических единиц и завершает работу.

Шаг 13. Система проверяет, была ли текущая лексическая единица показана обучаемому для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает эту ЛЕ как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения.

Шаг 14. Система переходит на шаг 3.

Шаг 15. Система проверяет, была ли текущая лексическая единица показана обучаемому для запоминания в ходе текущего сеанса обучения. Если условие не выполняется, то система помечает эту ЛЕ как запрошенную в ходе текущего сеанса обучения.

Шаг 16. Система показывает пользователю запрошенную им лексическую единицу, блокирует возможность удаления просматриваемой лексической единицы и переходит на шаг 7.

Тестирование заученной лексики проходит следующим образом (рис. 3).

Шаг 1. Система выбирает лексические единицы, которые обучаемый заучивал на предыдущем сеансе обучения.

Шаг 2. Система проверяет, было ли протестировано знание всех выбранных лексических единиц. Если условие выполняется, то система сообщает результаты тестирования обучаемому, сохраняет их и переходит к очередному сеансу обучения.

Шаг 3. Система выбирает случайным образом одну из выбранных лексических единиц, знание которой обучаемым не было проверено.

Шаг 4. Система выбирает случайным образом не более четырех неправильных вариантов перевода данной

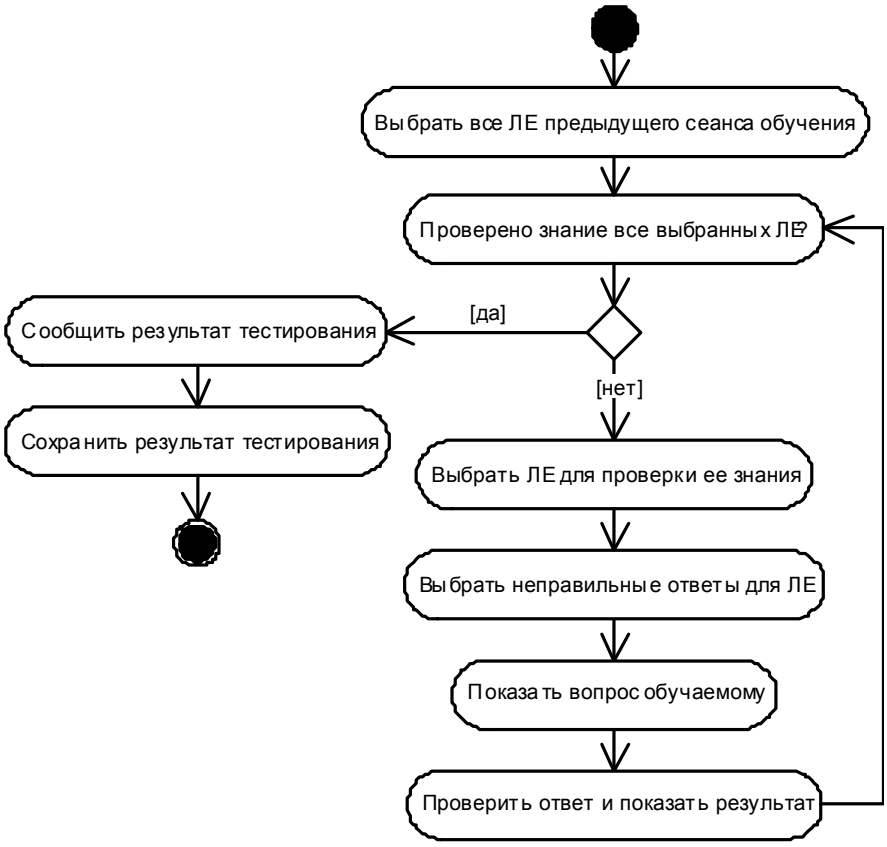


Рис. 3. Схема процесса тестирования заученной лексики

лексической единицы и показывает их обучаемому вместе с правильным переводом для проверки его знаний.

Шаг 5. Система проверяет ответ обучаемого и выдает ему сообщении о правильном ответе или ошибке, затем переходит на шаг 2.

В качестве основы для реализации системы адаптивного обучения терминологической лексике английского языка была разработана системная архитектура [1; 6; 7]. Эта архитектура имеет три четко определенных слоя: данных, алгоритмов (правил) и представления, которые содержат скрытые и защищенные детали и связаны друг с другом через формальные и явные интерфейсы (рис. 4).

Эти слои отражают возрастание уровня абстракции в рассматриваемой системной архитектуре. Наиболее детальным слоем является слой данных, более высоким уровнем абстракции обладает слой алгоритмов (правил), наивысший уровень абстракции – у слоя представления.

Независимость слоев трехслойной системной архитектуры дает ряд следующих преимуществ:

– отделение слоя данных от алгоритмов обучения, которое позволяет поддерживать их согласованность и непротиворечивость в течение длительного периода времени в случае модификации алгоритмов;

– возможность модификации пользовательского интерфейса без изменения алгоритмов адаптивного обучения и наоборот;

– разделение усилий коллектива разработчиков системы.

Рассмотрим эти слои более подробно.

Компоненты *слоя представления* осуществляют непосредственное взаимодействие системы с обучаемым через пользовательский интерфейс. Протекающие в этом слое процессы обеспечивают передачу данных от системы пользователю и в обратном направлении. Слой состоит из модулей авторизации, обучения и тестирования.

Модуль авторизации идентифицирует обучаемого в системе, позволяет ему выбрать частотный словарь для заучивания лексики, а также создает учетную запись для нового обучаемого. Модуль обучения непосредственно проводит предварительное заучивание лексики и дальнейшее заучивание базовых лексических единиц и терминов. Модуль тестирования предназначен для проверки запоминания пользователем лексических единиц, которые он заучивал во время последнего сеанса обучения.

Слой алгоритмов реализует алгоритмы адаптивного обучения, настройки параметров моделей обучающихся, управление частотными словарями и сеансами обучения. Слой состоит из модулей сеансов обучения, моделей обучающихся, частотных словарей, глобального частотного словаря и модуля связи с базой данных (БД). Слой алгоритмов связан со слоем представления через модуль сеансов обучения.

Модуль сеансов обучения является центральным в системе и обеспечивает взаимодействие всех ее компонентов. Этот компонент управляет ходом процесса обучения, инициализирует учетную запись обучаемого при начале изучения нового словаря, настраивает параметры моделей обучающихся, определяет объем порции обучающей информации для выдачи пользователю, оп-

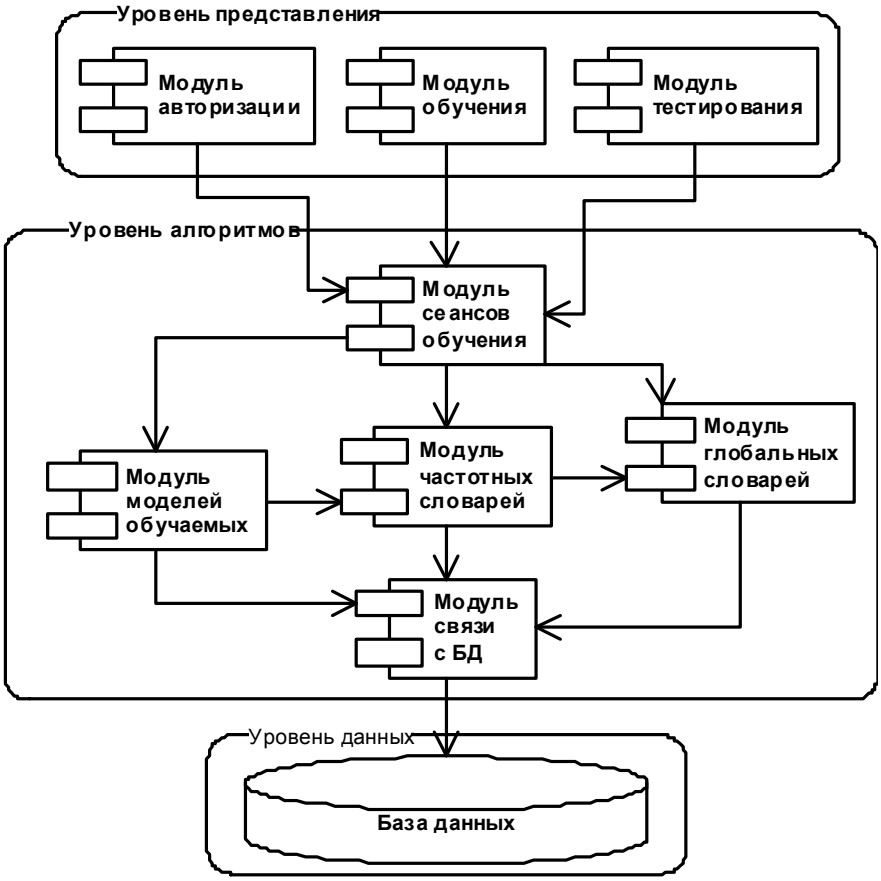


Рис. 4. Архитектура системы адаптивного обучения терминологической лексике

ределяет результаты тестирования обучаемого, обеспечивает связь с уровнем представления, хранит историю процесса обучения.

Модуль моделей обучающихся хранит параметры этих моделей для каждого из изучаемых ими частотных словарей и информацию о структуре их памяти. Модуль частотных словарей управляет частотными словарями, присутствующими в системе. Модуль глобального частотного словаря хранит информацию об англо-русских переводах слов и их англо-английских объяснениях, используемых для обучения пользователя. Модуль связи с базой данных ответственен за передачу данных между компонентами слоя алгоритмов и слоем данных. Этот компонент выполняет исключительно служебную функцию.

Слой данных осуществляет хранение данных, с которыми работают модули, содержащиеся в слое алгоритмов. Эти слои соединены между собой через модуль связи с базой данных. Слой данных реализован БД, хранящейся в системе управления базами данных.

База данных предназначена для хранения данных, с которыми работают компоненты уровня алгоритмов: частотные словари, параметры моделей обучающихся, информация о сеансах обучения. Эта база состоит из семи таблиц (рис. 5):

– таблица Users содержит информацию об учетных записях пользователей системы;

– в таблицу Words включены слова из терминологических частотных словарей и глобального частотного словаря;

– таблица Dictionaries содержит названия частотных словарей;

– в таблице Sessions имеется информация о сеансах обучения;

– таблица UserMemory содержит информацию о заучиваемых пользователем лексических единицах;

– таблица WordsConnections отражает информацию о связях терминологических и базовых лексических единиц;

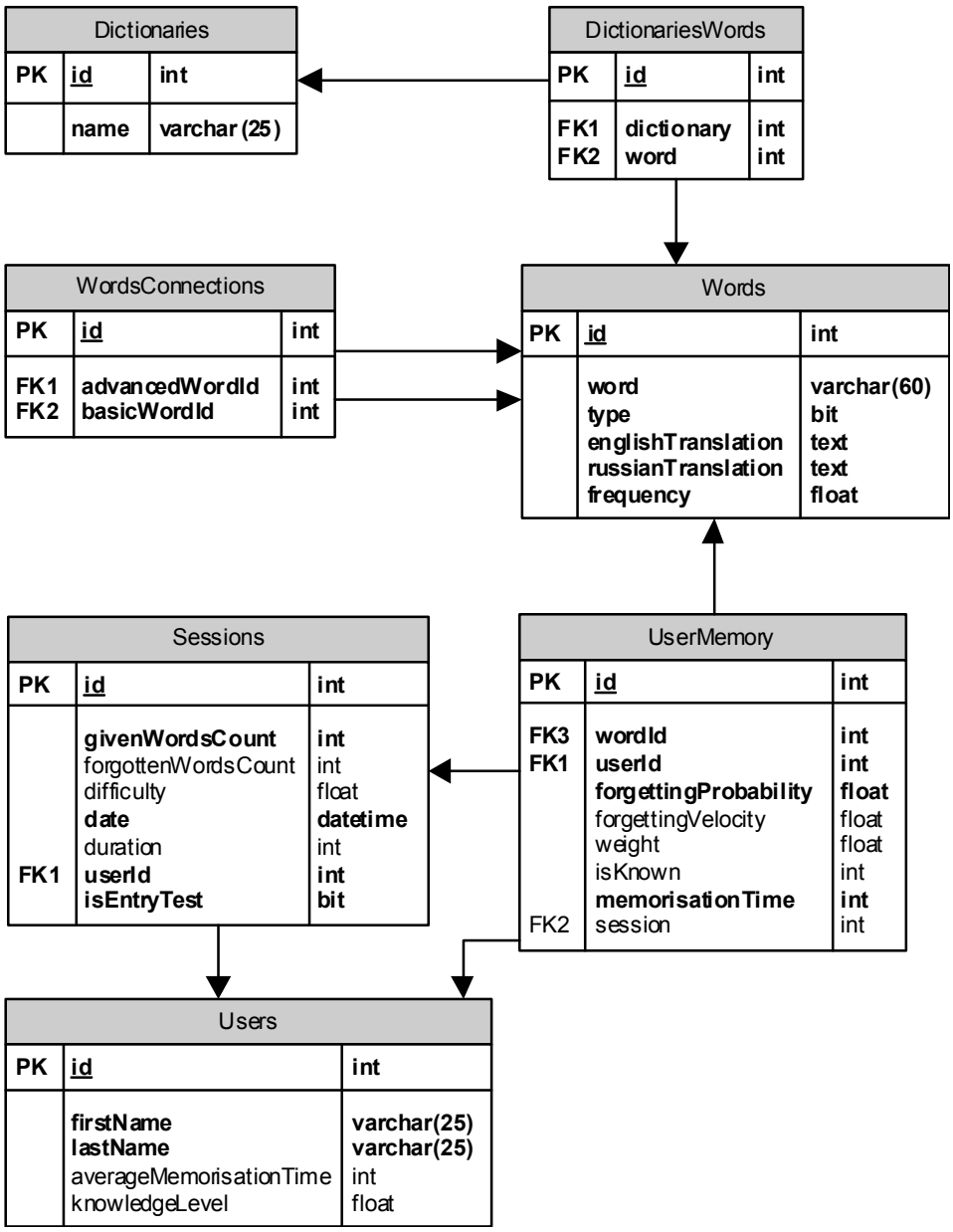


Рис. 5. Диаграмма базы данных системы адаптивного обучения терминологической лексике

– таблица DictionariesWords определяет связи между словами и терминологическими словарями.

Система адаптивного обучения терминологической лексике реализована на основе Visual C# 2.0 в среде Visual Studio 2005. В качестве сервера баз данных используется SQL Server 2005 Express Edition. Для работы системы требуется операционная система Windows с предустановленным .NET Framework 2.0.

Выбор платформы обусловлен удобством использования Visual Studio 2005 и .NET для разработки приложений и простотой использования SQL Server 2005 для создания баз данных и их использования в разработанных на Visual Studio программах. Использование .NET Framework 2.0 обусловило применение в ходе программной реализации прототипа системы объектно-ориентированных технологий, являющихся наиболее передовыми технологиями проектирования и разработки программного обеспечения.

Таким образом, рассмотрены системные аспекты разработки адаптивной системы обучения терминологической лексике английского языка. Программно реализованы информационно-алгоритмические средства поддержки адаптивного обучения, представленные в виде информационной адаптивной обучающей системы. В качестве основы для реализации системы была разработана трехслойная системная архитектура, преимущества которой обеспечиваются независимостью слоев и согласованием информационной и функциональной моделей и позволяют использовать ее как прототип для разработки аналогичных систем для применения их в компьютеризированном обучении иностранным языкам.

Библиографический список

1. Ковалев, И. В. Системная архитектура мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии и современная структурная методология / И. В. Ковалев // Телекоммуникации и информатизация образования. 2002. № 3. С. 83–91.

2. Ковалев, И. В. Системные аспекты организации и применения мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И. В. Ковалев, М. В. Карасева, Е. А. Суздалева // Образоват. технологии и общество. 2002. № 5 (2). С. 198–212.

3. Растригин, Л. А. Адаптация сложных систем / Л. А. Растригин. Рига : Зинатне, 1981.

4. Растригин, Л. А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л. А. Растригин, М. Х. Эренштейн. Рига : Зинатне, 1988.

5. Карасева, М. В. Система программно-алгоритмической поддержки мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / М. В. Карасева // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. № 4 (21). С. 32–37.

6. Карасева, М. В. Модель архитектуры мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / М. В. Карасева, И. В. Ковалев, Е. А. Суздалева // Новые информационные технологии в университетском образовании : материалы междунар. науч.-метод. конф. / Кемер. гос. ун-т. Кемерово, 2002. С. 204–205.

7. Kovalev, I. Effective information training technology based on the learner's memory state model / I. Kovalev, T. Kovaleva, E. Susdaleva // Modelling, Measurement & Control. Ser. D. 2000. Vol. 21, № 3–4. P. 29–34.

M. A. Selivanova, T. A. Fonina, E. E. Shukshina

ADAPTIVE TRAINING SYSTEM OF ENGLISH TERMS VOCABULARY

As a realization of L. A. Rastrigin approach to the adaptive training a program system of English terms vocabulary is considered.

Keywords: adaptive system, terms vocabulary, training.

УДК 622.324

Б. Д. Иванов

РАЗРАБОТКА ГАЗ-ГАЗОГИДРАТНОГО ПЛАСТА ДЕСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ ПРИ СОХРАНЕНИИ ДВУХФАЗНОГО И ТРЕХФАЗНОГО РАВНОВЕСИЙ

Проведен сравнительный количественный анализ результатов математического моделирования нового метода разработки газ-газогидратного пласта, десорбционного при сохранении фазовых условий «газ–газогидрат» для двухфазного или «газ–газогидрат–вода» для трехфазного равновесия.

Ключевые слова: газовый гидрат, газ-газогидратный пласт, разработка газогидратного пласта, фазовое равновесие «газогидрат–газ» и «газогидрат–газ–вода», десорбция газа из газогидрата.

Одним из перспективных нетрадиционных источников углеводородов являются природные газовые гидраты. В последние десятилетия обнаружены обширные районы гидратосодержащих пород (в основном газового гидрата метана) на дне и в шельфовой зоне Мирового океана [1–3], в связи с чем возникает вопрос разработки газогидратных залежей. Предложенные способы разработки таких залежей тепловым методом [4–6] и методом понижения давления [6–8] основаны на принципе полного разложения (диссоциации) газовых гидратов, при котором выделяется весь содержащийся в нем газ (с 1 объема газогидрата до 170 объемов газа при нормальных условиях). Однако при этом образуется много жидкой воды (например, из 1 кг чистого газового гидрата метана выделяется 0,872 кг жидкой воды), что может затруднить процесс разработки газогидратного пласта. К тому же разложение газовых гидратов требует больших энергетических затрат.

Словосочетание *газогидратный пласт* можно понимать двояко: и как чисто газогидратный пласт (его гидратонасыщенность равна 1) и как газ-газогидратный пласт (его гидратонасыщенность меньше 1, а газонасыщенность больше нуля). Поэтому под газ-газогидратным пластом будем понимать пласт, в порах которого содержатся газовый гидрат в виде кристаллов, природный газ и, если есть, жидкая вода, находящиеся в термодинамическом равновесии.

Постановка задачи. Автором был предложен новый метод разработки газ-газогидратного пласта десорбционным способом путем снижения равновесного давления при сохранении двухфазного равновесия «метан–газогидрат метана» [9]. В дальнейших работах были предложены математические модели разработки газ-газогидратного пласта в условиях сохранности двухфазного или трехфазного равновесия десорбционным методом [10–13]. При этом газовый гидрат не разлагается и жидкая вода не выделяется, что является важным фактором в процессе добычи природного газа.

В данной статье проведен сравнительный количественный анализ математических моделей разработки газ-газогидратного пласта при разных фазовых равновесиях.

Основными параметрами разработки газ-газогидратного пласта являются относительная доля десорбированного газа из газогидрата δ_h в общей добыче газа из газ-газогидратного пласта, коэффициент текущей газоотдачи газ-газогидратного пласта η при сохранении двух- или трехфазного равновесия и коэффициент текущей десорбированной газоотдачи газогидратного кристалла φ, которые определяются следующим образом:

$$\delta_h = \frac{\Delta M_d}{\Delta M} = \frac{\alpha\beta\left(\theta^{\text{init}} - \theta^{\text{fin}}\right)}{\alpha\beta\left(\theta^{\text{init}} - \theta^{\text{fin}}\right) + (1-\beta-\sigma)\gamma\left(\dfrac{P^{\text{init}}}{T^{\text{init}}} - \dfrac{P^{\text{fin}}}{T^{\text{fin}}}\right)}, \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\Delta M}{M} = \frac{\alpha\beta\left(\theta^{\text{init}} - \theta^{\text{fin}}\right) + (1-\beta-\sigma)\gamma\left(\dfrac{P^{\text{init}}}{T^{\text{init}}} - \dfrac{P^{\text{fin}}}{T^{\text{fin}}}\right)}{\alpha\beta\theta^{\text{init}} + (1-\beta-\sigma)\gamma\dfrac{P^{\text{init}}}{T^{\text{init}}}}, \quad (2)$$

$$\varphi = \frac{\Delta M_d}{M_h^g} = 1 - \frac{\theta^{\text{fin}}}{\theta^{\text{init}}}, \quad (3)$$

где α и γ – газовые постоянные; β и $\theta = \theta_1 + 3\theta_2$ – гидратонасыщенность и числа заполнения малых θ_1 и больших θ_2 полостей элементарной ячейки газового гидрата соответственно; P и T – давление и температура; σ равна водонасыщенности пласта при трехфазном равновесии и равна нулю при двухфазном равновесии; верхние индексы «init» и «fin» означают начальное и конечное значения термодинамического состояния пласта; ΔM_d – масса десорбированного газа при переходе системы «газогидрат–газ» (при двухфазном) или «газогидрат–газ–вода» (при трехфазном равновесии) из начального состояния в конечное при неизменной гидратонасыщенности β; $\Delta M = \Delta M_d + \Delta M_g$ – общая масса добытого газа при переходе из начального состояния в конечное, состоящее из газа, добытого из свободной газовой фазы, $\Delta M_g = (1-\beta-\sigma)\gamma\left(\dfrac{P^{\text{init}}}{T^{\text{init}}} - \dfrac{P^{\text{fin}}}{T^{\text{fin}}}\right)V_{\text{пор}}$ и десорбированного газа из газогидрата $\Delta M_d = \alpha\beta V_{\text{пор}}(\theta^{\text{init}} - \theta^{\text{fin}})$, причем, так как $P^{\text{init}} > P^{\text{fin}}$ и $T^{\text{init}} > T^{\text{fin}}$, то $\theta^{\text{init}} > \theta^{\text{fin}}$; $M = V_{\text{пор}}\left[\alpha\beta\theta^{\text{init}} + \dfrac{(1-\beta-\sigma)\gamma P^{\text{init}}}{T^{\text{init}}}\right]$ – первоначальная масса газа в пласте; $M_h^g = \rho_h^g m\beta V_{\text{str}} = \alpha\beta\theta^{\text{init}} V_{\text{пор}}$ – первоначальная масса газа, содержащаяся в газовом гидрате, здесь $V_{\text{пор}}$ – объем пор пласта, m – пористость пласта.

Обзор результатов и их обсуждение. Результаты исследований представлены на графиках (рис. 1–3). Следует отметить, что при гидратонасыщенностях $\beta = 0{,}6$ и $\beta = 0{,}4$ доля десорбированного газа δ_h в общей добыче для трехфазного равновесия достигает 25 и 11 %, в то время как для двухфазного – 20 и 10 % (см. рис. 1) (скачок

$\lim\limits_{t\to 0}\delta_h = k$ в начальный момент времени будет рассмотрен ниже). Максимальное значение коэффициента газоотдачи газ-газогидратного пласта η при β = 0,2 равно 42 % для двухфазного и 38 % для трехфазного равновесия (см. рис. 2), как и ожидалось, поскольку оно обеспечивается более значительным объемом свободной газовой фазы при двухфазном равновесии. При β = 0,6 η ≈ 22 % для двухфазного и η = 15 % для трехфазного равновесия. При β = 0,4 для этих равновесий имеем η = 31 % и η = 25 % соответственно. Динамика изменения коэффициента текущей десорбированной газоотдачи кристаллов газового гидрата метана φ будет следующей (см. рис. 3). При двухфазном равновесии с гидратонасыщенностью 0,6 он доходит до 6,7 %, да и при других гидратонасыщенностях не опускается ниже 6 %. При трехфазном равновесии с δ = 0,6 он достигает значения 4,9 %, а при других гидратонасыщенностях он не опускается ниже 4 %. Таким образом, коэффициент текущей десорбированной газоотдачи кристаллов газового гидрата метана выше для двухфазного равновесия, что можно объяснить большей поверхностью контакта кристаллов газового гидрата метана со свободной газовой фазой.

Сравнивая δ_h, η и φ при двухфазном и трехфазном равновесиях (см. рис. 1–3), можно сделать вывод о том, что более предпочтительным вариантом является двухфазное равновесие. Здесь η достигает 42 % при β = 0,2, хотя δ_h больше для трехфазного равновесия: δ_h = 25 % при β = 0,6, в то время как для двухфазного равновесия $\delta_h \sim 20$ % при β = 0,6. Однако φ больше для двухфазного процесса, где оно не опускается менее 6 %, тогда как для трехфазного равновесия φ ≈ 5 % при всех исследованных гидратонасыщенностях пласта.

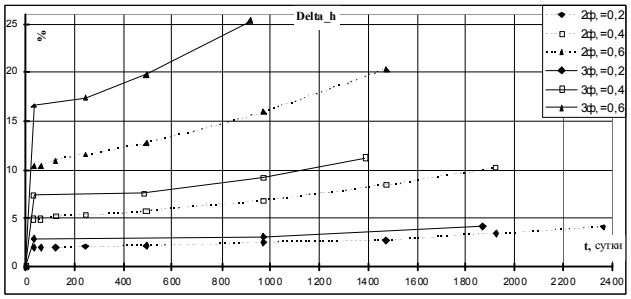


Рис. 1. Относительная доля десорбированного газа из газогидрата в общей добыче газа из газ-газогидратного пласта при сохранении двух- и трехфазных равновесий

Для случая двухфазного равновесия «газогидрат–газ», определяя δ_h по формуле (1) (см. также [12. С. 93; 13. С. 300]) при $\tau \to 0$ (это равносильно тому, что состояние B стремится к состоянию A), получаем неопределенность вида 0/0. Для раскрытия этой неопределенности применим правило Лопиталя:

$$k_{\text{ан}} = \lim_{t\to 0}\delta_h = \frac{\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_A}{\left[\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_A + \frac{\gamma(1-\beta)}{\alpha\beta}\frac{\partial}{\partial P}\left(\frac{P}{T}\right)\right]_A} =$$

$$= \left\{1 + \frac{\gamma(1-\beta)}{\alpha\beta}\frac{\left[\frac{1}{T^A} - \frac{P^A}{\left(T^A\right)^2}\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_A\right]}{\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_A}\right\}, \qquad (4)$$

где

$$\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_A = \frac{C_1^A}{\left(1+C_1^A P^A\right)^2} + \frac{3C_2^A}{\left(1+C_2^A P^A\right)^2}; \qquad (5)$$

$$\frac{\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_A}{\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_A} =$$

$$= \left\{\begin{array}{l} B_1\theta_1^A\left(1-\theta_1^A\right)+ \\ +3B_2\theta_2^A\left(1-\theta_2^A\right)+\frac{c_{ef}\rho_{ef}}{m\alpha\beta L_d}\end{array}\right\}^{-1}. \qquad (6)$$

Подставляя (5), (6) в (4), получим следующие результаты, которые вместе с погрешностями относительно численного решения [12. С. 97] представлены в табл. 1.

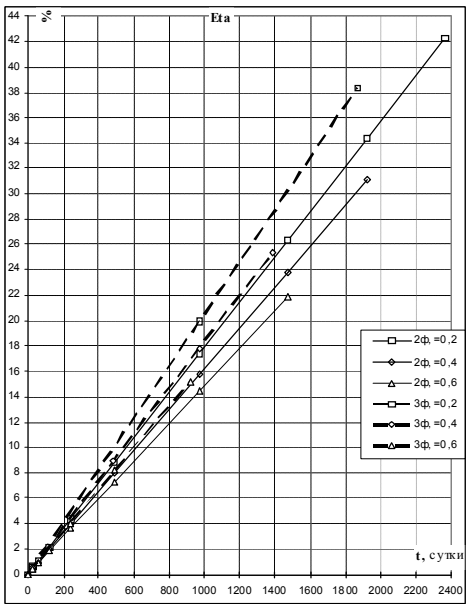


Рис. 2. Динамика текущей газоотдачи газ-газогидратного пласта для двух- и трехфазных равновесий

Для случая трехфазного равновесия «газогидрат–газ–вода» с дополнительным условием фазового равновесия $\lg P^j = a - b/T^j$, где $j = C, D$, для δ_h при $t \to 0$ после применения правила Лопиталя будем иметь

$$k_{\text{ан}} = \lim_{t\to 0}\delta_h = \left\{1 + \frac{\gamma(1-\beta)}{\alpha\beta}\frac{\left[\frac{1}{T^C} - \frac{1}{b}\right]}{\left(\frac{\partial\theta}{\partial P}\right)_C}\right\}^{-1}. \qquad (7)$$

Результаты расчета по формуле (7) также приведены в табл. 1 вместе с погрешностью относительно численного решения [12. С. 103].

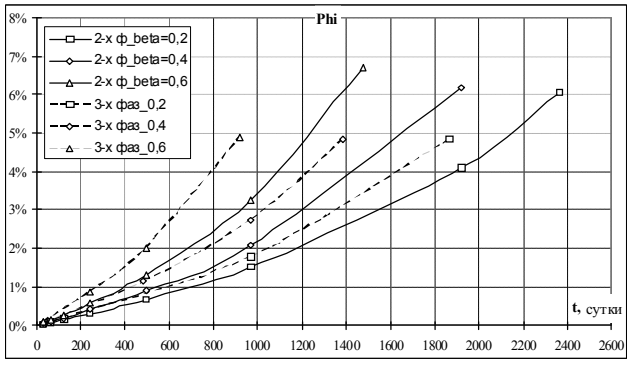


Рис. 3. Коэффициент текущей десорбированной газоотдачи кристаллов газового гидрата метана

При численном решении, ввиду дискретности шага по времени, наименьшее значение временного интервала равнялось 30 сут, поэтому величины скачков $k_{\text{числ}}$ для численного решения брались при этом значении времени. Такой конечный промежуток не мог не повлиять на изменение параметров, причем при трехфазном равновесии параметры менялись сильнее, чем при двухфазном, так как температура при трехфазном равновесии менялась более значительно, чем при двухфазном, в силу фазового соответствия. Поэтому вычисленные величины относительной погрешности для трехфазного равновесия являются такими значительными. Очевидно, что величина скачков k для δ_h на рис. 1 примерно соответствует значениям, приведенным в табл. 1.

Правильность полученных результатов подтверждает совпадение конечных значений параметров разработки численного метода со значениями, полученными при применении материального и теплового балансов при одинаковых начальных условиях, которые представлены в [12. С. 104; 13. С. 303]. Сопоставляя результаты решений и погрешности между численными и балансовыми методами (табл. 2), мы можем сделать вывод об удовлетворительной аппроксимации и устойчивости разностной схемы численного метода. Дополнительно она контролируется балансом массы при постоянном дебите газа [12. С. 98, 103; 13. С. 304], откуда вытекает, что приближенное решение уравнений фильтрации свободной газовой фазы с десорбцией газа из газогидрата дает хорошую сходимость результатов.

Точность численного метода можно оценить по материальному балансу при постоянном дебите q_g, когда имеем $\Delta M = q_g t \rho_g^0$, следовательно $\dfrac{\Delta M}{V_{\text{пор}}} = \dfrac{q_g t \rho_g^0}{V_{\text{пор}}}$, где t – время разработки; $\rho_g^{\,0}$ – плотность газа при атмосферном давлении. В рассматриваемом нами случае эти параметры имеют следующие значения: q_g = 0,6 м^3/с = = 51 840 м^3/сут; $\rho_g^{\,0}$ = 0,667 9 кг/м^3.

Данные, соответствующие различным β, и результаты вычислений для двух- и трехфазного равновесий приведены в табл. 3, 4.

Таблица 1

Величина скачков $k_{\text{ан}}$ и $k_{\text{числ}}$ и погрешности между ними

Параметры	Гидрат–газ			Гидрат–газ–вода		
	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6
$k_{\text{ан}}$, %	1,93	4,99	10,58	2,65	6,76	14,02
$k_{\text{числ}}$, %	1,88	4,86	10,39	2,82	7,30	16,65
Погрешность, %	2,6	2,6	1,8	–6,4	–8,0	–18,7

Таблица 2

Относительная разница между численным и балансовым методами для двухфазного равновесия

β	T^B, %	δ_h, %	η, %	$\Delta M / V_{\text{пор}}$, %	φ, %
0,2	0,003	0,494	–0,166	–0,114	0
0,4	0,005	0,686	–0,193	–0,106	0
0,6	0,013	–0,343	–0,229	–0,229	0,157

Таблица 3

Значения параметров и результаты расчетов для баланса массы при двухфазном равновесии «гидрат–газ»

β	t, сут	$\dfrac{\Delta M}{V_{\text{пор}}}$ (численный метод)	$\dfrac{q_g t \rho_g^0}{V_{\text{пор}}}$ (балансовый метод)	Относительная разность, %
0,2	2 364	34,99	34,74	0,72
0,4	1 922	28,43	28,24	0,66
0,6	1 473	21,79	21,65	0,66

Таблица 4

Результаты баланса массы при постоянном дебите газа и их относительная разница от численного решения уравнений фильтрации при трехфазном равновесии «гидрат–газ–вода»

β	t, сут	$\dfrac{q_g t \rho_g^0}{V_{\text{пор}}}$ (балансовый метод)	$\dfrac{\Delta M}{V_{\text{пор}}}$ (численный метод)	Погрешность, %
0,2	1 980	33,960	34,530	1,65
0,4	1 473	25,268	25,764	1,93
0,6	1 003	17,204	17,647	2,51

Сравнение этих таблиц показывает, что погрешности для трехфазного равновесия имеют бльшие значения. Как уже отмечалось выше, это связано с тем, что изменение температуры в данном случае значительнее в силу фазового соответствия: для двухфазного равновесия изменение температуры составляет менее 1°, для трехфазного равновесия температура понижается примерно на 8°. Плотность газа при этом становится больше, следовательно масса добытого газа при одинаковых объемах будет увеличена. Это приводит к тому, что результат, полученный численным методом, больше значения, определенного балансовым методом.

Таким образом, проведен сравнительный количественный анализ параметров математических моделей нового метода разработки газ-газогидратного пласта, основанного на десорбции метана из газового гидрата метана при сохранении двухфазного и трехфазного равновесий «метан – газовый гидрат метана» и «метан – газовый гидрат метана – вода». При этом не происходит разложения газового гидрата метана и, следовательно, из него не выделяется вода. Это очень важный фактор в практике добычи природного газа, так как разложение газогидрата требует больших затрат энергии с одновременным выделением большего количества жидкой воды. Кроме того, существует риск вторичного (техногенного) гидратообразования, которое может уменьшить проницаемость пласта.

Сравнительный анализ показывает, что двухфазный процесс более предпочтителен, чем трехфазный, поскольку в этом случае более полно извлекается газ, сорбированный в газогидрате метана.

Библиографический список

1. Long, J. P. Hydrates in the Ocean and Evidence for the Location of Hydrate Formation / J. P. Long, E. D. Sloan // Intern. J. Thermophysics. 1996. Vol. 17. № 1. P. 1–13.

2. Makogon, Y. F. Natural gas-hydrates – A potential energy source for the 21st Century / Y. F. Makogon, S. A. Holditch, T. Y. Makogon // J. Petrol. Sci. & Eng. 2007. Vol. 56. Iss. 1–3. P. 146–164.

3. Max, D. M. Natural Gas Hydrate: A Diagenetic Economic Mineral Resource / M. D. Max [et al.] // Economic Geology of Natural Gas Hydrate. Netherlands : Springer, 2006. P. 131–190.

4. Черский, Н. В. К теории разработки газогидратных месторождений / Н. В. Черский, Э. А. Бондарев // Докл. АН СССР. 1984. Т. 275, № 1. С. 158–162.

5. Moridis, G. J. Numerical studies of gas production from several CH_4 hydrate zones at the Mallik site, Mackenzie Delta, Canada / G. J. Moridis [at al.] // J. Petrol. Sci. & Eng. 2004. Vol. 43. Iss. 3–4. P. 219–238.

6. Englezos, P. Gas Hydrates: A Cleaner Source of Energy and Opportunity for Innovative Technologies / P. Englezos, Ju Dong Lee // Korean J. Chem. Eng. 2005. Vol. 22, № 5. P. 671–681.

7. Alp, D. Gas production by depressurization from hypothetical Class 1G and Class 1W hydrate reservoirs / D. Alp, M. Parlaktuna, G. J. Moridis // Energy Conversion and Management. 2007. Vol. 48. Iss. 6. P. 1864–1879.

8. Development and Application of Gas Hydrate Reservoir Simulator Based on Depressurizing Mechanism / Won-Mo Sung, Dae-Gee Huh, Byong-Jae Ryu, Ho-Seob Lee // Korean J. Chem. Eng. 2000. Vol. 17, № 1. P. 344–350.

9. Иванов, Б. Д. Десорбция газа из гидратов при изменении равновесных условий / Б. Д. Иванов, В. В. Попов, И. Л. Хабибуллин // Ресурсы нетрадиционного газового сырья и проблемы его освоения. Л., 1990. С. 195–201.

10. Иванов, Б. Д. Десорбция газа из гидрата при фильтрации свободного газа в условиях сохранения трехфазного равновесия «гидрат–газ–вода» / Б. Д. Иванов, В. В. Попов // Седьмой Всесоюз. съезд по теорет. и прикл. механике : аннот. докл. М., 1991. С. 168.

11. Иванов, Б. Д. Десорбция газа из гидрата при фильтрации свободного газа в условиях сохранности фазовых равновесий / Б. Д. Иванов, В. В. Попов // Нетрадиционные источники углеводородного сырья и проблемы его освоения : тез. докл. Междунар. симп., 12–16 окт. 1992 г. СПб., 1992. С. 68.

12. Ларионов, В. Р. Перспективы практического использования газовых гидратов в горном деле / В. Р. Ларионов, С. М. Федосеев, Б. Д. Иванов. Якутск, 1993.

13. Иванов, Б. Д. Математическое моделирование безводной добычи газа из газ-газогидратного пласта / Б. Д. Иванов // Вестн. Самар. гос. ун-та. Естественнонауч. серия. 2008. № 3(62). С. 298–305.

B. D. Ivanov

MINING OF GAS-GASHYDRATE STRATUM DESORBTION METHOD AT PRESERVATION OF TWO-PHASE AND THREE-PHASE EQUILIBRIUMS

In the paper the comparative quantitative analysis of the obtained results of mathematical modelling of a new mining method of gas-gashydrate stratum – desorption is done at preservation of phase conditions: gas-gashydrate for two-phase and three-phase equilibriums.

Keywords: gas hydrate, gas-gashydrate stratum, mining of gashydrate stratum, phase equilibrium gashydrate-gas and gashydrate-gas-water, desorption of gas from gashydrate.

УДК 004.021

И. В. Ковалев, В. О. Лесков, Е. Е. Шукшина

ПРОЦЕДУРА ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНОГО СЛОВАРЯ НА ОСНОВЕ ЛЕКСИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Рассмотрена процедура построения частотного словаря на основе лексически связанных компонентов и практические аспекты ее применения. Сформулирована задача о перестройке частотного мультилингвистического словаря для информационного обеспечения методики обучения иностранной лексике на основе лексически связанных компонентов.

Ключевые слова: мультилингвистическая адаптивно-обучающая технология, лексически связанный компонент, информационно-терминологический базис, ЛСК-методика.

Как бы стремительно ни развивалась наука и техника, основу обучения иностранной терминологии всегда будут составлять словари. Они видоизменяются, перекладываются на компьютерные системы, делятся по тематикам, но по-прежнему представляют собой не что иное, как совокупность терминов и их языковых аналогов. Что касается специализированных словарей, таких, например, как словарь по медицине или математическому моделированию, то они могут быть построены с помощью программных систем, анализирующих тексты. В основе алгоритмизации этих систем, как правило, лежит частотный анализ терминов.

Словарь, полученный таким образом, перед выходом в печать проходит контроль со стороны лингвистов и специалистов конкретных предметных областей, и чем более качественно реализована программная часть, тем более поверхностный характер имеет их работа. Одним из таких словарей является изданный в 2004 г. англо-немецко-русский частотный словарь по системному анализу [1]. Этот словарь стал одним из результатов развития мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии (МЛ-технологии) [2], а если говорить точнее, то он является одной из форм ее информационно-терминологического базиса (ИТБ).

Мультилингвистичность словаря делает возможным в процессе его использования построение однозначных ассоциативных связей между языковыми аналогами английского, немецкого и русского языка при условии, что обучаемый или уже знает один из иностранных языков, или изучает два иностранных языка одновременно. Здесь и далее русский язык рассматривается в качестве оригинального.

Дальнейшее развитие МЛ-технологии привело к созданию методики обучения иностранной лексике на основе лексически связанных компонентов (ЛСК-методике) [3], которая позволяет искусственно формировать строго организованные системы внутриязыковых ассоциативных связей непосредственно в процессе обучения иностранной лексике. Эта методика также учитывает языковые аналоги лексем на всем множестве языков, с которыми она работает.

ЛСК-методика использует специально организованные ИТБ. Их формирование осуществляется посредством анализа текстов на предмет устойчивых лексических сочетаний.

Согласно ЛСК-методике, ИТБ представляет собой совокупность лексически связанных компонентов (ЛС-компонентов). Лексема, связанная со всеми без исключения лексемами ЛС-компонента ИТБ, называется *основной лексемой*, а лексемы, имеющие только одну связь, – *связанными лексемами*.

В данной статье речь пойдет о решении реальной задачи перестройки частотного мультилингвистического словаря для использования ЛСК-методики. Решение этой задачи целесообразно разделить на следующие этапы:

– подготовка необходимых данных для применения алгоритмов формирования ЛС-компонентов;

– выбор и применение алгоритма формирования ЛС-компонентов;

– корректировка результатов.

Остановимся на каждом этапе более подробно.

Получение необходимых данных для применения алгоритмов формирования ЛС-компонентов. Для использования этих алгоритмов необходимы следующие данные: абсолютные и относительные частоты лексем, данные о лексических связях, в том числе их частотные характеристики.

До обработки словарь представляет собой таблицу, состоящую из терминов английского, немецкого и русского языков, в которой также определены частоты терминов (рис. 1).

Применение алгоритмов формирования ЛС-компонентов основано на том, что каждый элемент словаря должен содержать полную информацию о лексических связях в виде ссылки на связанные лексемы и частоты лексических сочетаний. Иначе говоря, информационный базисный компонент словаря необходимо привести к следующему виду:

ОМЛ-компонент = {термин яз_1, термин яз_2, ..., термин яз_*N*, частота яз_1, частота яз_2, ..., частота яз_*N*, сочетание 1_яз_1, сочетание 1_яз_2, ..., сочетание 2_яз_1, сочетание 2_яз_2, …, сочетание *K*_яз_*N*, частота 1_яз_1, частота 1_яз_2, …, частота 2_яз_1, частота 2_яз_2, …, частота *K*_яз_*N*}.

Это возможно путем прогона использованных при формировании словаря текстов через новые алгоритмы обработки. Но поскольку результаты программной обработки текстов при формировании первой версии словаря корректировались специалистами, то такой подход не даст точных результатов, а повторная экспертиза иностранной терминологии – задача достаточно трудоемкая и дорогостоящая и также не может гарантировать необ-

ходимой точности, если речь не идет о формировании словаря заново.

Вместе с тем необходимые данные можно получить без дополнительных затрат, проанализировав терминологический состав словаря. Здесь следует пояснить, что устойчивые лексические сочетания, которые мы ищем, отражают отдельные понятия языка и наиболее востребованные из них вошли в состав словаря как отдельные элементы со своими частотами. Узкое место такого подхода состоит в том, что далеко не все термины, составляющие лексические сочетания, присутствуют в словаре. Однако частота употребления этих терминов равна или, скорее всего, превосходит частоту сочетаний, в которых они употребляются. Это дает нам возможность пополнить словарь недостающими терминами и их языковыми аналогами.

В рассматриваемом нами случае за основу взяты английские термины, затем был выполнен их адекватный перевод на другие языки и определены соответствующие частоты (рис. 2).

Выбор и применение алгоритма формирования ЛС-компонентов. Поскольку объем базиса невелик, а требования к количеству ЛС-компонентов отсутствуют, то целесообразно применить восходящий алгоритм формирования ЛС-компонентов (В-алгоритм) [3]. В нем можно выделить следующие фазы.

1. Подготовка ИТБ.

1.1. Для каждой лексемы ИТБ вычисляется значение L_i, $i = 1, ..., n$:

$$L_i = e^{-\frac{0,7}{\sum_k q_k \mu_{ik} + 1}} q_i \to \max, \qquad (1)$$

где μ_{ik} – относительная частота сочетания i-й и k-й лексем, отражающая силу ассоциативной связи; q_i – относительная частота, выражающая долю лексической единицы в тексте, подвергшемся статистической обработке при составлении частотного словаря, $0 < q_i < 1$:

$$q_i = \frac{q_i^{\max}}{V}, \qquad (2)$$

здесь $q_i^{\max} = \max q\{q_{i1}, q_{i2}, ..., q_{in}\}$ – абсолютная частота появления лексической единицы в тексте, $q_{i1}, q_{i2}, ..., q_{in}$ – частоты из мультилингвистического словаря, если речь идет о МЛ-технологии.

1.2. ИТБ упорядочивается по убыванию значения L_i таким образом, что чем меньше будет порядковый номер лексемы, тем выше вероятность образования на ее основе ЛС-компонента.

2. Поиск оптимального количества основных лексем.

2.1. Осуществляется перебор возможного количества основных лексем k от 1 до объема ИТБ (возможно сужение разработчиком интервала поиска).

2.2. Для текущего значения k определяются основные лексемы (k первых лексем ИТБ).

2.3. Осуществляется перебор неосновных (потенциально связанных) лексем и для каждой неосновной лексемы из множества, сформированного в п. 2.2, выбирается наиболее подходящая основная лексема согласно критерию

$$\Delta L_i = q_i e^{-\frac{0,7}{(\sum_k q_k \mu_{ik} + 1) + q_j \mu_{ij}}} - L_i \to \max. \qquad (3)$$

Таким образом вычисляется максимальный прирост $L(n)$, который обеспечивается вхождением текущей неосновной j-й лексемы как связанной в ЛС-компонент, образованный i-й лексемой (как правило, задается максимум количества связанных лексем).

2.4. Подсчитывается значение функции качества:

$$L(n) = \sum_i q_i e^{-\frac{0,7}{\sum_k q_k \mu_{ik} + 1}} \to \max, \qquad (4)$$

которая показывает сумму взвешенных вероятностей знания лексем по всему базису. Чем больше эта сумма, тем более удачно построен базис.

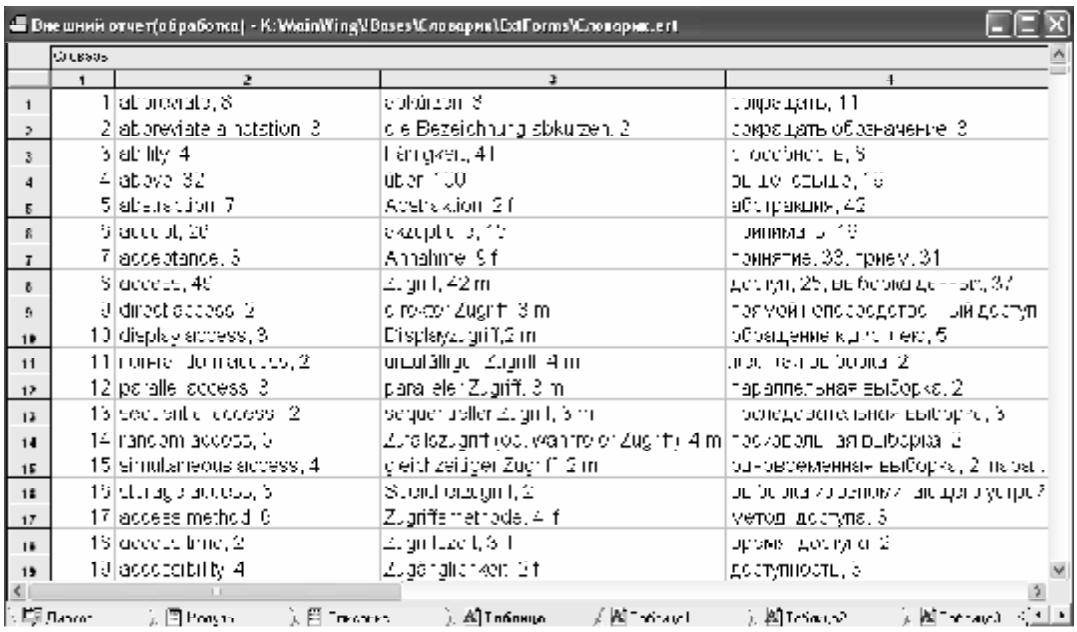


Рис. 1. Частотный словарь до обработки

2.5. Если перебор окончен, то выполняется п. 2.6, если иначе, то возврат к п. 2.1.

2.6. Определяется максимум функции качества – оптимальное число основных лексем k_{max}.

3. Формирование ИТБ как совокупности ЛС-компонентов. Искомый ИТБ получается при прохождении пп. 2.2 и 2.3 для k_{max} основных лексем.

С помощью В-алгоритма было выявлено и сформировано 70 ЛС-компонентов (рис. 3).

Корректировка результатов и оформление словаря. Таким образом, мы получили двухблочный словарь: первый блок состоит из ЛС-компонентов, второй – из элементов, которые не вошли в первый блок. Для удобства использования словаря следует выполнить сортировку блоков по алфавиту (ЛС-компоненты упорядочиваются по основным лексемам) и добавить соответствующие литеры.

Если словарь разработан для печати, то рационально добавить во второй блок терминологию первого блока со ссылками-номерами на соответствующие ЛС-компоненты. В таком случае по второму блоку пользователь может производить поиск всей интересующей его терминологии, а по первому обучаться согласно процедурам ЛСК-методики.

Также рекомендуется провести корректировку терминологии в ручном режиме.

Таким образом, рассмотрена процедура построения частотного словаря на основе лексически связанных компонентов и практические аспекты ее применения. В качестве основы взята реальная задача о перестройке частотного мультилингвистического словаря для информационного обеспечения ЛСК-методики. Даны рекомендации

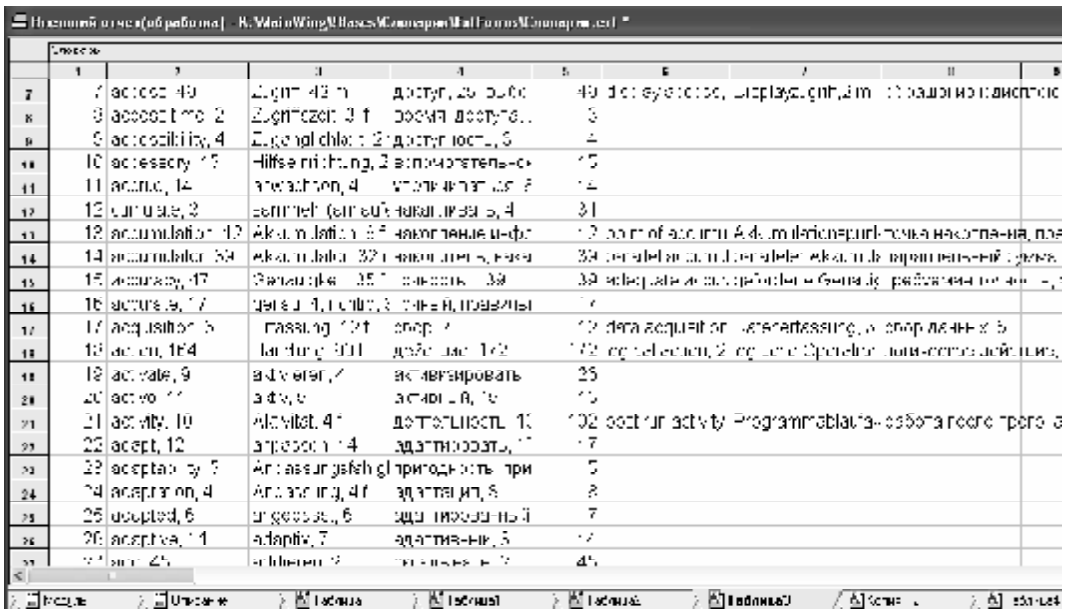


Рис. 2. Словарь после этапа подготовки данных

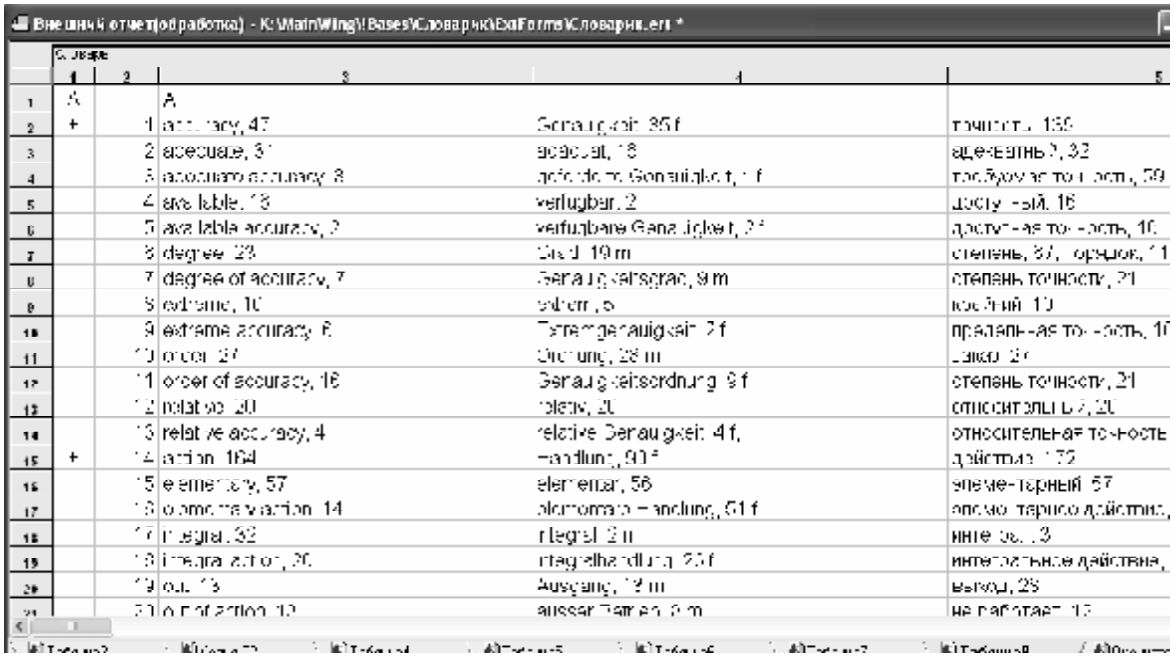


Рис. 3. Словарь после обработки В-алгоритмом (основные лексемы отмечены знаком плюс)

ции по использованию и получению начальных данных, применению алгоритмов и оформлению результатов.

Библиографический список

1. Ковалев, И. В. Англо-немецко-русский частотный словарь по системному анализу / И. В. Ковалев, М. В. Карасева ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2004.

2. Ковалев, И. В. Адаптивный алгоритм обучения иностранной лексике на основе лексически связанных компонентов / И. В. Ковалев, В. О. Лесков, М. В. Карасева // Системы упр. и информ. технологии. 2008. № 4 (34). С. 78–82.

3. Ковалев, И. В. Внутриязыковые ассоциативные поля в мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И. В. Ковалев, В. О. Лесков, М. В. Карасева // Системы упр. и информ. технологии. 2008. № 3.1 (33). С. 157–160.

I. V. Kovalev, V. O. Leskov, E. E. Shukshina

THE PROCESS OF FREQUENCY DICTIONARY BUILDING ON THE BASE OF LEXICAL RELATED COMPONETS

The procedure of frequency dictionary building on the base of lexical related components and its practical use is considered. The task of frequency multilinguistic dictionary rebuilding for dataware of foreign vocabulary training technique on the basis of lexical related components is defined.

Keywords: multilinguistic adaptive training technology, lexically related component, information-terminological basis, LRC-methodic.

УДК 539.3

Ю. В. Захаров, В. В. Исакова, К. Г. Охоткин

АНАЛОГИЯ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ ОБМЕННО-СВЯЗАННОЙ МАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ И ИЗГИБА УПРУГОГО СТЕРЖНЯ СО СЖАТИЕМ[1]

Рассмотрено точное аналитическое решение задачи о перемагничивании магнитной структуры с учетом одноосной анизотропии. Получена зависимость средней по толщине слоя намагниченности от постоянного поля. Найдено точное пороговое значение параметра одноосной анизотропии, при котором начинается раскрытие петли гистерезиса. Перемагничивание магнитной структуры аналогично изгибу со сжатием упругого стержня.

Ключевые слова: гистерезис, магнитная структура, нелинейный изгиб.

Задачи о перемагничивании магнитомягкого слоя на магнитожесткой подложке с закрепленным и свободным магнитным моментом на поверхностях в постоянном магнитном поле, параллельном плоскости слоя, решались на основе аналогии с потерей устойчивости эйлерова гибкого стержня под действием продольной силы постоянного направления [1]. Уравнение Ландау–Лифшица в статическом случае сводилось к уравнению типа нелинейного маятника и решалось с указанными граничными условиями. В [1] также были найдены распределения магнитного момента и пороги перехода магнитомягкого слоя в веерное состояние в зависимости от магнитного поля, приложенного антипараллельно направлению закрепления.

В работе [2] рассматривалось перемагничивание такого слоя с учетом одноосной анизотропии в плоскости слоя, что привело к уравнению типа нелинейного маятника с дополнительным членом:

$$\alpha\left(\frac{d^2\varphi}{dz^2}\right) + h\sin\varphi - \beta\sin\varphi\cos\varphi = 0, \qquad (1)$$

где φ – угол, зависящий от координаты z по толщине слоя в плоскости этого слоя между вектором намагниченности и осью x, совпадающей с осью легкого намагничивания; α – постоянная обмена ферромагнетика; h = const – внешнее поле; β – константа одноосной анизотропии, $\beta < 4\pi$.

В [2] было найдено точное решение уравнения (1) в виде дробно-нелинейных комбинаций эллиптических функций, зависящих от одного параметра, определяемого величиной внешнего поля. Эти дробные выражения затем были приближенно представлены в виде полиномов, что позволило найти среднюю по толщине слоя намагниченность и показать наличие гистерезиса при перемагничивании. Порог перемагничивания был найден в виде $h_u + \beta$, где $h_u = (\pi/2)^2\alpha/d^2$, здесь d – толщина слоя.

Рассмотрим точное решение этой задачи в виде дробно-нелинейных комбинаций эллиптических функций

$$\cos\varphi = \frac{-1 + 2\,k^2 s^2 - \xi^2 s^2}{1 - \xi^2 s^2}, \qquad (2)$$

[1] Работа поддержана программой Минобрнауки Российской Федерации «Развитие научного потенциала высшей школы», (проект 2.1.1/735).

$$\sin\varphi = \frac{2s\left[\left(k^2-\xi^2\right)\left(1-k^2s^2\right)\right]^{1/2}}{1-\xi^2 s^2}, \qquad (3)$$

где $s \equiv \mathrm{sn}(Kz/d, k)$, здесь функция sn – эллиптический синус Якоби, $K(k)$ – полный эллиптический интеграл первого рода.

Зависимость модуля k эллиптического интеграла K от магнитного поля h определяется уравнением

$$\left(\frac{2}{\pi}\right)^2 K^2(k) - \frac{\beta}{h_u}\left(2k_0^2 - 1\right) = \frac{h}{h_u}, \qquad (4)$$

эффективное поле однонаправленной анизотропии – уравнением

$$h_u = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\alpha}{d^2}, \qquad (5)$$

а параметры – уравнениями

$$\xi^2 = \frac{\beta}{h_u}\left[\frac{\pi k_0}{2K(k)}\right]^2, \qquad (6)$$

$$k_0^2 = \frac{k^2-\xi^2}{1-\xi^2}. \qquad (7)$$

Выражение (4), в зависимости от величины β / h_u, может иметь минимум по k. Продифференцируем это выражение по k:

$$\frac{\beta}{h_u} = \frac{4K^2(k)\left[E(k)+K(k)\,k^2-K(k)\right]}{\pi^2\left[-K(k)\,k^2+2\,k^2\,E(k)+K(k)-E(k)\right]}, \qquad (8)$$

где $E(k)$ – полный эллиптический интеграл второго рода.

Разложение правой части выражения (8) в ряд Тейлора при $k \to 0$ дает значение $\beta / h_u \approx 1/3$.

Подставив k_0^2 из (7) в выражение (6), получим явную зависимость ξ^2 от k^2 и β / h_u в виде

$$\xi^2 = \frac{1+\lambda}{2}\left[1-\left(1-\frac{4\lambda k^2}{(1+\lambda)^2}\right)^{1/2}\right], \qquad (9)$$

где

$$\lambda = \frac{\beta}{h_u}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2. \qquad (10)$$

Параметр ξ^2 при $k^2 = 0$ равен нулю, а при $k^2 = 1$ он имеет максимум, при этом $\xi^2 < 1$ независимо от величины β / h_u (рис. 1).

Построим зависимость внешнего магнитного поля от модуля k и β / h_u согласно выражению (4) (рис. 2). Эта зависимость при $\beta / h_u < 1/3$ имеет монотонный характер роста, при $\beta / h_u = 1/3$ появляется минимум, а при дальнейшем увеличении β / h_u зависимость становится двухзначной и появляется гистерезис.

Решение (2) усредним по толщине слоя. В результате получим зависимость средней по толщине слоя намагниченности $\bar{m}$ от постоянного поля h / h_u, которая обнаруживает гистерезисный характер, начиная с некоторых значений параметра одноосной анизотропии (рис. 3).

Перемагничивание магнитомягкого слоя на магнитожесткой подложке характеризуется двумя порогами: пороговым значением постоянного внешнего поля, после которого происходит разворот веера намагниченности, и пороговым значением параметра одноосной анизотропии, при котором начинается раскрытие петли гистерезиса. Правый край этой петли совпадает с пороговым значением постоянного внешнего поля $h_u + \beta$, при котором намагниченность меняется скачком. Отметим, что зависимость ширины петли гистерезиса Δ от величины одноосной анизотропии при значениях $\beta / h_u > 1$ имеет практически линейный характер (рис. 4).

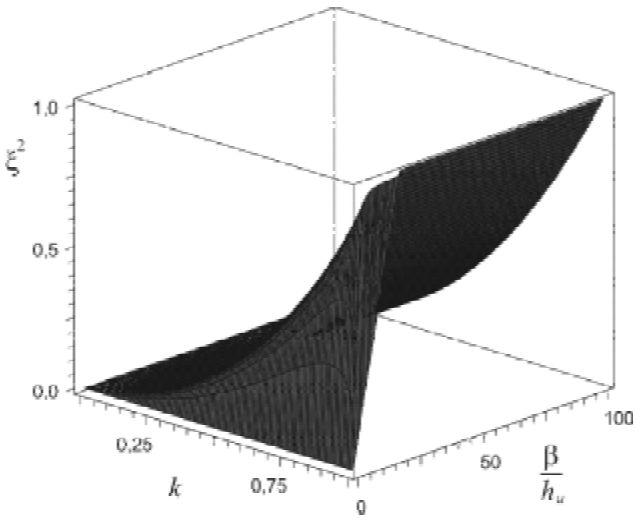


Рис. 1. Зависимость ξ^2 от модуля k и β / h_u

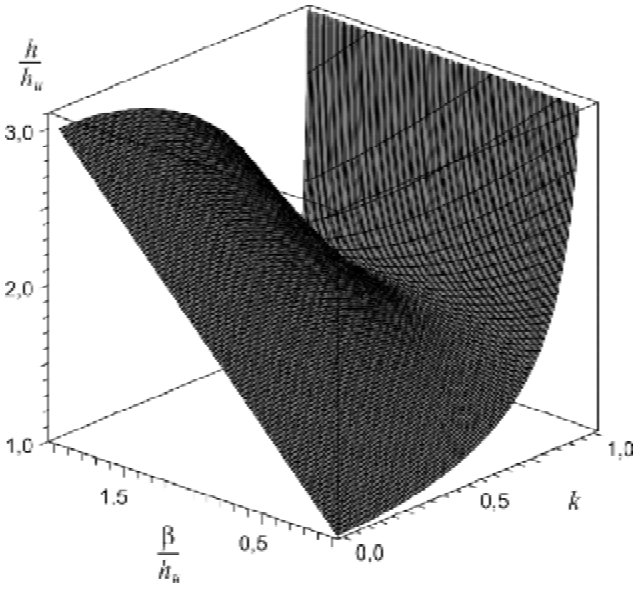


Рис. 2. Зависимость внешнего магнитного поля от модуля k и β / h_u

В работах [1; 3; 4] использовался единый статический критерий устойчивости магнитных и упругих систем и была развита нелинейная теория устойчивости этих систем при внешнем воздействии. В частности, в [3] аналитически найдены и систематизированы формы изгиба стержня при различных нагрузках постоянного направления и способах закрепления концов стержня. Полученные решения записаны в едином параметрическом виде и выражены через эллиптические интегралы и функции Якоби, зависящие от одного параметра – модуля эллип-

тических функций, определяемого граничными условиями и внешней действующей силой.

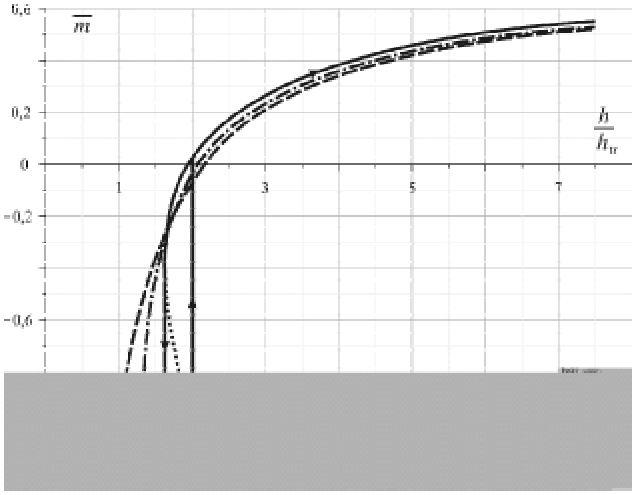


Рис. 3. Зависимость средней намагниченности $\bar{m}$ от постоянного поля h / h_u (точками показана нефизическая область решения)

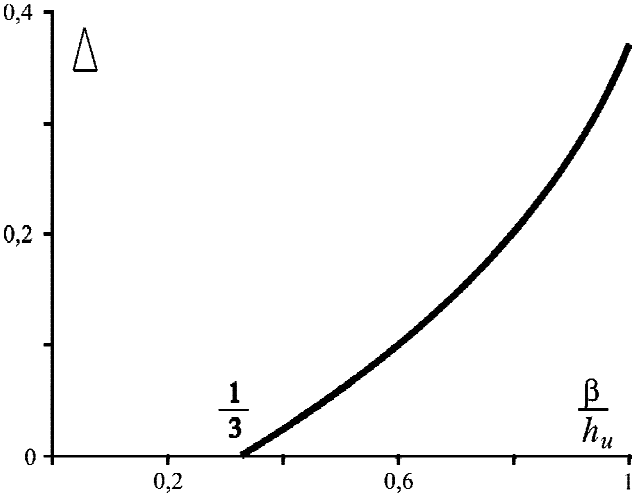


Рис. 4. Зависимость ширины петли гистерезиса от величины β / h_u

Перемагничивание магнитной системы, рассматриваемое в данной статье, аналогично нелинейному изгибу со сжатием тонкого упругого стержня, закрепленного на одном конце, под действием продольной сосредоточенной нагрузки на свободном конце.

Для описания такого изгиба авторами было получено нелинейное уравнение, аналогичное уравнению (1), для угла наклона касательной в текущей точке к линии стержня с коэффициентами, которые определяются внешней нагрузкой и материальными параметрами стержня:

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + \frac{PL^2}{EI}\sin\gamma - \frac{P^2L^2}{EI\,E_\tau S}\sin\gamma\cos\gamma = 0, \qquad (11)$$

где P – нагрузка; E и E_τ – упругие модули; I – момент инерции; L и S – длина и сечение стержня; γ – угол наклона касательной в текущей точке к линии стержня; l – длина вдоль линии стержня; $t = l / L$ – безразмерная длина, изменяющаяся от 0 до 1; $P_c = (\pi/2)^2 E I / L^2$ – эйлерова критическая сила. Граничные условия

$$\gamma(0) = 0\,,\ \frac{d\gamma(1)}{dt} = 0\,. \qquad (12)$$

Уравнение (11) имеет точное аналитическое решение. Построенные зависимости от нагрузки прогиба свободного конца стержня – аналога средней по толщине слоя намагниченности – имеют гистерезисный характер в зависимости от значения безразмерной величины $\rho = (2/\pi)^2 P^2L^2 / EIE_\tau S$ (рис. 5).

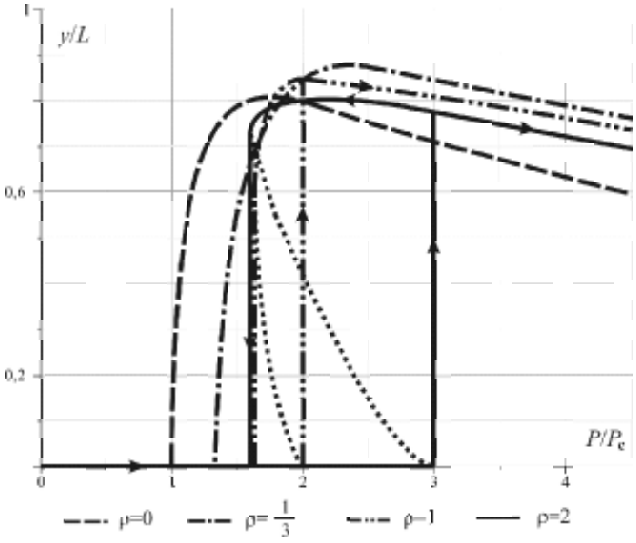


Рис. 5. Зависимость прогиба свободного конца стержня от нагрузки (точками показана нефизическая область)

Система уравнений в параметрической форме, определяющая произвольные точки профиля стержня, имеет вид

$$\frac{x}{L} = \int_0^t \cos\gamma\,dt - \eta\int_0^t \cos^2\gamma\,dt,$$
$$\frac{y}{L} = \int_0^t \sin\gamma\,dt - \eta\int_0^t \cos\gamma\sin\gamma\,dt, \qquad (13)$$

где параметр $\eta = P / E_\tau S$.

Если положить $\eta = 0$, то получим известные выражения для задачи о чистом изгибе тонкого нерастяжимого стержня под действием продольной нагрузки [3].

Изгиб со сжатием упругого стержня характеризуется двумя порогами: пороговым значением продольной сосредоточенной нагрузки, после которого начинается изгиб, и пороговым значением параметра $\rho > 1/3$, при котором происходит раскрытие петли гистерезиса. При достижении этого порога упругий стержень под действием продольной нагрузки испытывает прощелкивание.

Таким образом, магнитная и упругая системы имеют одинаковый порог раскрытия петли гистерезиса. При этом при достижении данного порога в магнитной системе под действием поля скачком устанавливается некоторое распределение намагниченности по толщине слоя, а упругий стержень при нагрузке испытывает прощелкивание.

Библиографический список

1. Захаров, Ю. В. Статическая и динамическая потеря устойчивости ферромагнитного слоя при перемагничивании / Ю. В. Захаров // Докл. Рос. акад. наук. 1995. Т. 344, № 3. С. 328–332.

2. Захаров, Ю. В. Кривые намагничивания и частоты магнитного резонанса в пленках с доменной структурой на антиферромагнитной подложке / Ю. В. Захаров, Е. А. Хлебопрос // Физика твердого тела. 1980. Т. 22, № 12. С. 3651–3657.

3. Захаров, Ю. В. Нелинейный изгиб тонких упругих стержней / Ю. В. Захаров, К. Г. Охоткин // Журн. прикл. механики и техн. физики. 2002. Т. 43, № 5. С. 124–131.

4. Задачи нелинейного изгиба стержневых конструкций / Ю. В. Захаров, К. Г. Охоткин, В. В. Исакова, А. Д. Скоробогатов // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 6. Красноярск, 2005. С. 46–51.

Yu. V. Zakharov, V. V. Isakova, K. G. Okhotkin

ANALOGY OF MAGNETIZATION REVERSAL OF A MAGNETIC BILAYER SYSTEM AND NONLINEAR BENDING OF A ELASTIC ROD WITH COMPRESSION

The exact analytical solution of a problem on magnetization reversal of magnetic structure taking into account uniaxial anisotropy is considered. The dependence of average on layer thickness magnetization from constant field is obtained. The exact threshold value of uniaxial anisotropy parameter at which a hysteresis loop disclosing begins is derived. The magnetization reversal of magnetic structure is similar to nonlinear bending with compression of elastic rod.

Keywords: hysteresis, magnetic structure, nonlinear bending.

УДК 661.3

П. В. Зеленков, В. В. Брезицкая, М. В. Карасева, А. П. Хохлов

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ

Предложена новая структура системы формирования и управления узкоспециализированной информацией в корпоративных системах. Основная отличительная особенность данной структуры состоит том, что она предполагает обработку мультилингвистической информации в рамках одного пользовательского запроса.

Ключевые слова: многоагентная система, метапоиск, узкоспециализированная информация, корпоративная система.

В настоящее время идет активное развитие информационных технологий. Одним из самых актуальных вопросов при применении данных технологий является вопрос сбора, обработки и управления информацией [1; 2]. Все более существенное место в науке и образовании занимают компьютерные информационно-поисковые системы, особенно Интернет, являющийся обширным справочным инструментом. Развитие интернет-технологий способствует тому, что ежедневно увеличивается количество информационных ресурсов, предоставленных для открытого доступа, растет объем тематико-ориентированной информации по различным предметным областям.

Расширение глобальной сети и возможностей подключения к ней обусловили существенное увеличение числа ее пользователей. При этом большая часть пользователей русскоязычного сегмента Интернета при сборе информации использует существующие поисковые сервисы общего назначения. По данным на ноябрь 2008 г., наибольшую популярность имеют следующие информационно-поисковые сервисы: Yandex, Google, Mail, Rambler, на долю которых приходится 95 % пользовательских запросов (рис. 1).

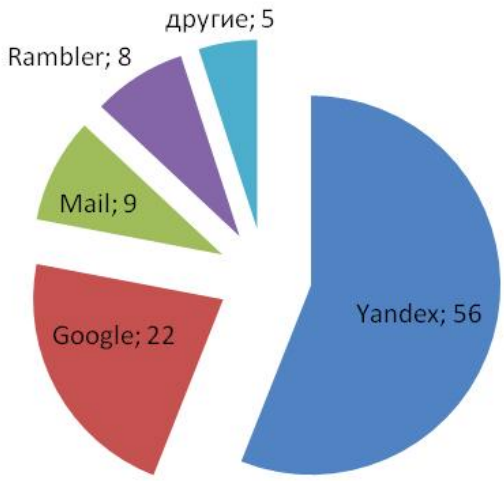


Рис. 1. Доля поисковых запросов в рускоязычном сегменте сети Интернет

Однако необходимо отметить, что эти сервисы дают хорошие результаты только при работе с темами общего профиля, а при проведении поиска узкоспециализированной информации возникают трудности. Кроме того, в данных системах существует проблема многоязычного представления информации в сети Интернет [1]. Поисковые сервисы общего назначения работают только в том языковом множестве, на котором был задан запрос, однако при поиске узкоспециализированной персонифицированной информации можно сразу организовать мультилингвистическую поисковую процедуру [1; 2].

Для разрешения упомянутых выше проблем могут быть использованы существующие технологии и подходы, но с акцентом на обработку мультилингвистической тематико-ориентированной информации. В этом плане хорошо зарекомендовала себя технология реализации информационно-управляющих систем, основанная на многоагентном подходе. Создание поисковых систем на базе агентного принципа позволяет производить модификацию отдельных агентов, не оказывая существенного влияния на работоспособность системы в целом.

Поисковые мультиагентные системы являются разновидностью метапоисковых систем. Архитектура метапоисковой системы предоставляет единый доступ к нескольким поисковым системам, т. е. обслуживает запросы пользователей за счет опроса других пользовательских систем, которые полностью независимы и не предоставляют никакой специальной информации о содержимом своих индексов или используемых методов поиска. Это приводит к тому, что при построении метапоисковых систем приходится решать ряд новых проблем. Так, например, языки запросов, используемые в разных поисковых системах, зачастую сильно отличаются и поэтому необходим либо упрощенный язык поиска для метапоисковой системы, либо переформулировка запросов для каждой конкретной поисковой системы. Другой проблемой является слияние ответов от различных поисковых систем.

Авторами предлагается следующая структура организации взаимодействия между агентами многоагентной корпоративной системы (рис. 2). Эта система состоит из четырех логически связанных программных модулей (агентов), назначение и структуру каждого из которых покажем ниже.

Интерфейсный агент отвечает за организацию работы пользователя с системой обработки информации. Он связан с двумя другими агентами – поисковым агентом и агентом обработки информации. Этот агент является простым в структуре и исполнении и выполняет все операции по взаимодействию с пользователем: получает от него запрос на поиск, передает запрос поисковым агентам, осуществляет вывод результатов поиска пользователю, выполняет адаптацию поискового процесса к используемым поисковым системам.

Каждый *поисковый агент* взаимодействует с конкретной поисковой системой (рис. 3). Этот агент требует более детального описания, так как его реализацию предлагается произвести в метапоисковом мультилингвистическом исполнении.

Поисковый агент является первичным. Основная его задача – это обработка поисковой строки пользователя, которую этот агент получает от интерфейсного агента. После того как строка была обработана, необходимо инициализировать мультилингвистическую метапоисковую процедуру как в корпоративной сети, так и в сети Интернет. Далее выполняются процессы проверки существования документов и удаления дублей документов. После этого вся полученная выборка информации передается *агенту обработки информации* (рис. 4).

Этот агент отвечает за управление информацией тематической коллекции, полученной на этапе поиска (с точки зрения пользователя корпоративной системы).

Агент обработки информации состоит из следующих элементов:

– информационно-управляющего агента (это функционально главный агент данной процедуры);

– двух агентов, которые жестко связаны между собой: агента определения релевантности и агента сопоставления документа предметной области;

– агента ранжирования информации;

– агента обработки отображения информации.

Рассмотрим более подробно агентов определения релевантности и сопоставления документа предметной

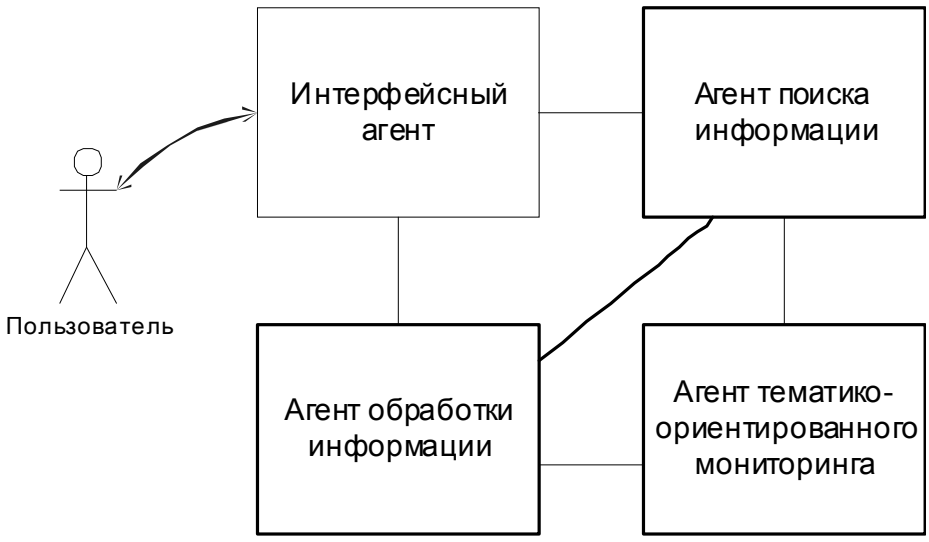


Рис. 2. Обобщенная схема многоагентной системы

области. Первый агент производит определение релевантности документов из предлагаемой выборки. Применяя алгоритмы определения релевантности, можно показать, что некоторые документы являются более релевантными запросу, а некоторые – менее. Таким образом, появляется проблема обработки условно релевантных документов, т. е. документов из смежных предметных областей. Следовательно, при поиске необходимо определить возможность попадания в результирующую выборку данных из таких областей. И здесь нужно учитывать предпочтения пользователя системы и решать задачу включения документов из смежных предметных областей в результирующую выборку (или исключения из нее). Именно эту задачу и решает агент сопоставления информации

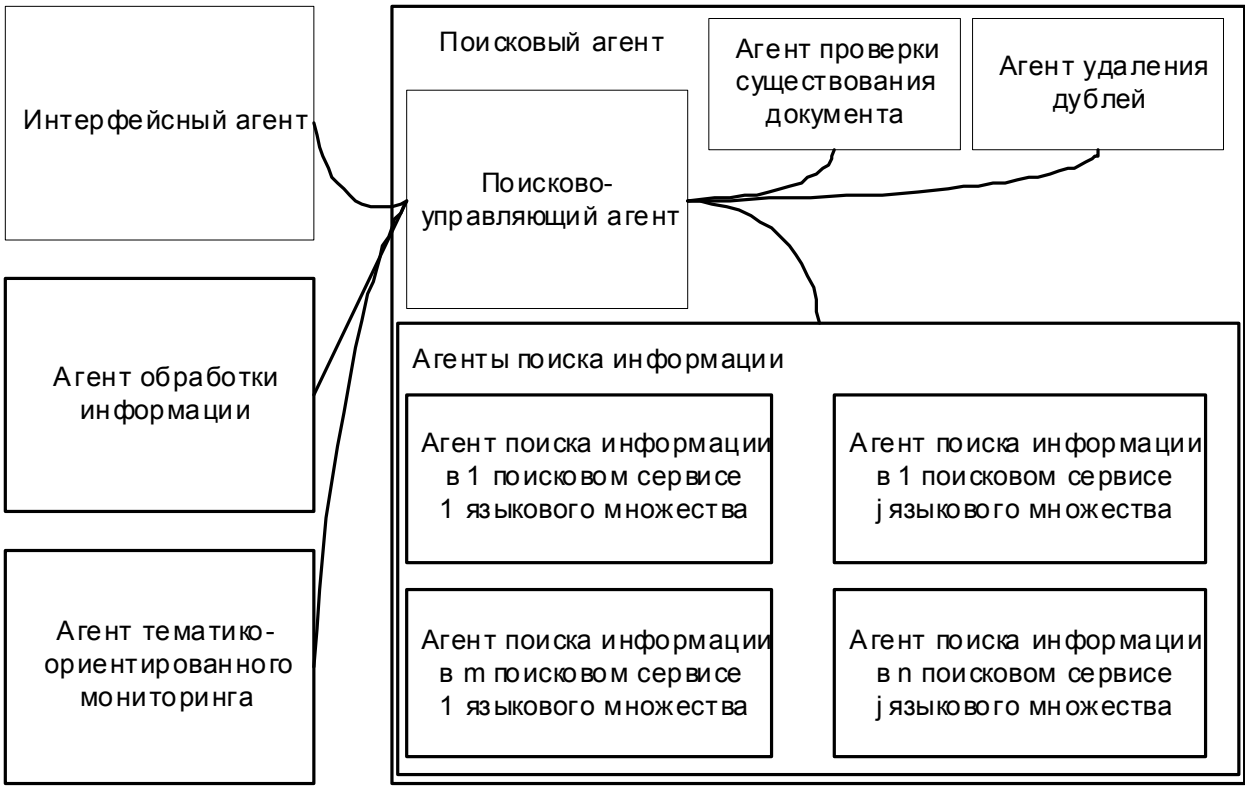


Рис. 3. Схема работы поискового агента

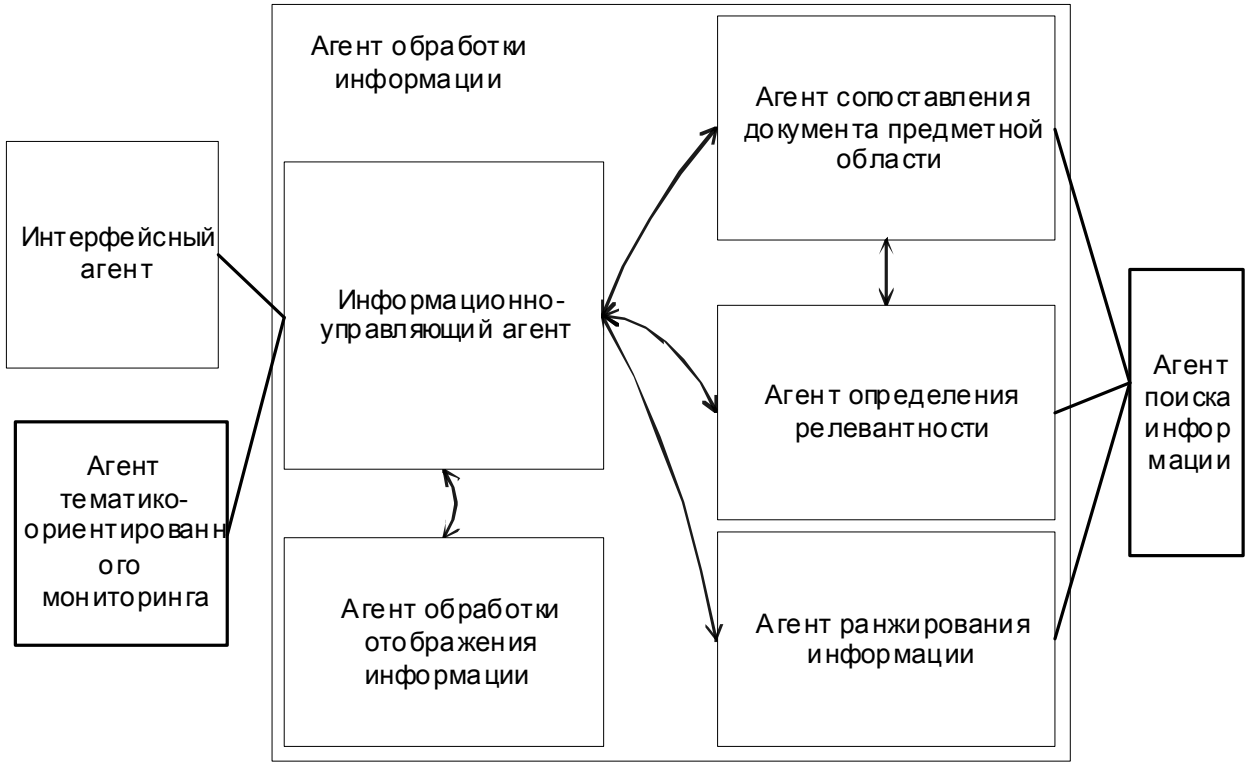


Рис. 4. Схема работы агента обработки информации

предметной области. Кроме того, в выбранном тексте релевантным предметной области может быть не весь документ, а только его часть, например отдельные разделы из учебников общего назначения, отдельные статьи из сборников статей, разделы из отчетов организаций и т. д. Учет этого ограничения поможет при принятии решения о предоставлении пользователю только необходимой ему части информации.

Следующий агент – это агент ранжирования. Он является не менее важным при обработке информации, так как при выдаче пользователю нескольких тысяч документов на первом месте в списке отображения должны стоять самые ценные документы.

Агент тематико-ориентированного мониторинга отвечает за анализ информационных предпочтений пользователя корпоративной системы в рамках информационно-тематических коллекций и обеспечение ему персонифицированной поддержки навигации и персонифицированных данных. Благодаря предоставлению пользователям информационных коллекций персонифицированных навигационных меню из ссылок на страницы, близкие к их тематическим предпочтениям, происходит уменьшение времени, необходимого для поиска нужной информации, и снижается пользовательский трафик как в корпоративной, так и во внешней сети за счет просмотра только качественной информации.

Таким образом, предлагаемые решения должны повысить удобство работы пользователей с информационными ресурсами корпоративной системы и послужить для них дополнительным стимулом для более частого посещения этих ресурсов. Данный подход также должен существенным образом снизить нагрузку как на внутренний (корпоративный), так и на внешний трафик.

Библиографический список

1. Мультилингвистическая модель распределенной системы на основе тезауруса / П. В. Зеленков, С. В. Рогов, И. В. Ковалев, М. В. Карасева // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. № 1 (18). С. 26.–28.

2. Зеленков, П. В. Метапоисковая мультилингвистическая система / П. В. Зеленков, И. Н. Карцан, М. В. Карасева // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2007. Вып. 3 (16). С. 69–70.

P. V. Zelenkov, V. V. Brezitskaya, M. V. Karaseva, A. P. Khohlov

PROCESSING SYSTEM OF THE HIGHLY TAILORED INFORMATION IN NETWORKS

A new structure of the system formation and control by highly tailored information in networks is offered in the paper. The main peculiarity of this structure is that it assumes multilingual information processing within the bounds of one user's inquiry.

Keywords: multiagent system, meta-search, highly tailored information, network.

УДК 378.016

Г. А. Доррер, А. А. Попов, К. В. Сысенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Предложена вероятностная модель жизненного цикла информационных ресурсов (ИР), основанная на формализме цепей Маркова. В качестве исходных предположений приняты следующие:

– ИР классифицируются в соответствии с Дублинским ядром метаданных (Dublin Core Metadata Element Set, DCMI);

– выделено пять типовых бизнес-процессов по управлению ИР в соответствии с классификацией American Productivity & Quality Center;

– по важности информация в ИР классифицируется как критическая, важная и маловажная.

Предложенная модель позволяет с помощью разработанной авторами программной системы оценить жизненный цикл всех компонентов единичного информационного ресурса, а также динамику ИР в организации при заданном законе поступления новых ресурсов. Это дает возможность объективно оценивать потребные объемы дискового пространства организации. Приведен пример моделирования годичной динамики ИР в одном из отделов администрации города.

Ключевые слова: информационные ресурсы, жизненный цикл, моделирование.

В настоящее время информационные технологии (ИТ) стали неотъемлемой частью любой деятельности. В ряде случаев они играют обеспечивающую роль, в других случаях являются основой бизнеса. Сформировалось самостоятельное направление менеджмента – сервис-менеджмент информационных технологий (ITSM). Классичес-

ким руководством в данной области стала книга Я. Ниессена «Введение в ИТ Сервис-менеджмент» [1]. Предложенный в ней подход стал фактическим стандартом для формирования ИТ-служб предприятий как современных бизнес-подразделений, постоянно ориентированных на потребности своих пользователей. В дальнейшем такие структуры мы, следуя этой работе, будем называть ИТ-организациями.

Одним из процессов, реализуемых при менеджменте ИТ, является так называемое управление мощностями (*Capacity Management*). Задачей процесса управления мощностями является предоставление в нужное время и в экономически эффективной форме необходимых мощностей для обработки и хранения данных и обеспечение соответствующего баланса мощностей в ИТ-организации. Эффективное управление мощностями исключает панические закупки в последнюю минуту или покупку самой большой системы «на всякий случай», дорого обходящиеся ИТ-организациям. Многие центры обработки данных, например, постоянно работают с недогрузкой на 30...40 % или больше. Это не так плохо, если в ИТ-организации небольшое количество серверов. Но если имеются сотни и тысячи серверов, как у многих ИТ-организаций масштаба предприятия, то эти проценты означают потерю огромных финансовых средств [1].

В процессе управления мощностями важную роль играет управление информационными ресурсами (ИР), которые служат основой для создания информационных продуктов и оказания информационных услуг.

В широком смысле под информационным ресурсом понимаются «знания, подготовленные людьми для социального использования в обществе и зафиксированные на материальных носителях в виде документов, баз данных и знаний, алгоритмов, компьютерных программ, а также произведений искусства, литературы и науки» [2]. Информационные ресурсы организации, региона, страны рассматриваются как стратегические ресурсы, аналогичные по значимости запасам сырья, энергии и т. п.

Ценность информации, содержащейся в конкретном информационном ресурсе, может быть различной, кроме того, она изменяется во времени. Как и все на свете, информационный ресурс рождается, живет и умирает. Поэтому можно говорить о жизненном цикле информационного ресурса, в том числе и электронного. К сожалению, этот вопрос до сих пор недостаточно изучен в отличие, например, от жизненного цикла программного обеспечения и информационных систем [3]. Для управления жизненным циклом могут применяться технологии иерархического хранения данных HSM (*Hierarchical Storage Management*) [4], которые из разнородных средств хранения создают виртуальную файловую систему и управляют переносом данных с одного носителя на другой. Однако нам не известны математические модели жизненного цикла ИР, которые могли бы использоваться при разработке систем хранения данных.

Авторами предлагается сравнительно простая вероятностная модель жизненного цикла ИР, основанная на формализме цепей Маркова. Такая модель позволяет оценить жизненный цикл единичного ИР, а также динамику ИР в ИТ-организации при заданном законе поступления новых ресурсов.

Модель жизненного цикла ИР. Примем следующие предположения:

1. Информационные ресурсы классифицируются в соответствии с Дублинским ядром метаданных (*Dublin Core Metadata Element Set*, DCMI) [5]. DCMI представляет собой инвариантную к предметной области композицию наиболее общих полей описания ИР, введенную для обеспечения глобальной интероперабельности приложений, работающих с метаданными. Приведем краткое описание видов ресурсов:

– *коллекция* – множество, содержащее различные элементы;

– *данные* – информация, представленная в определенной структуре;

– *событие* – непродолжительное, ограниченное во времени явление;

– *изображение* – визуальное представление, отличное от текста;

– *сервис* – выполнение функций для конечного пользователя;

– *программные средства* – компьютерная программа;

– *аудио* – звуковое представление данных;

– *текст* – слова для чтения.

2. В соответствии с классификацией бизнес-процессов, разработанной Американским центром производительности и качества (*American Productivity & Quality Center*), выделим следующие бизнес-процессы по управлению ИР [6], которые мы рассматриваем как этапы жизненного цикла ИР:

– создание;

– хранение;

– обработка (упорядочение, поиск, изменение и обновление);

– архивирование;

– уничтожение.

3. В течение жизненного цикла меняется актуальность информации, содержащейся в информационном ресурсе. С этой точки зрения информация может классифицироваться как критическая, важная и маловажная [7]. Как правило, актуальность информации уменьшается с течением времени, следовательно эти классы актуальности наступают последовательно.

В дополнение к классификации [6] мы дополнительно ввели в жизненный цикл ИР этап архивирования, который обычно наступает, когда информация становится маловажной либо неактуальной в данный момент.

На практике уровень актуальности информации часто связывают с характеристиками систем хранения данных. Так, для критически важной информации требуются быстродействующие устройства, но не обязательно большой емкости, а для хранения архивных данных необходимы большие по емкости, но не обязательно быстродействующие средства.

Пусть имеется множество информационных ресурсов $R = \{R_{ij}\}$, где в соответствии с приведенной выше классификацией $i = 1, ..., n$ – вид ИР; $j = 1, 2, 3$ – степень актуальности ресурса. Каждый ресурс поступает в информационную систему и проходит в ней весь жизненный цикл.

Представим жизненный цикл единичного ИР R_{ij} в виде цепи Маркова с дискретным временем (рис. 1). Цепь содержит пять состояний:

– S_1 – создание ИР;

– S_2 – хранение и обработка ИР критической важности;

– S_3 – хранение и обработка ИР с важной информацией;

– S_4 – архивирование и хранение ИР с маловажной информацией;

– S_5 – удаление ИР.

Вероятности перехода между состояниями ресурса i-го вида задаются матрицей

$$P_i = \begin{bmatrix} p^i_{11} & p^i_{12} & p^i_{13} & 0 & 0 \\ 0 & p^i_{22} & p^i_{23} & 0 & p^i_{25} \\ 0 & 0 & p^i_{33} & p^i_{34} & p^i_{35} \\ 0 & 0 & 0 & p^i_{44} & p^i_{45} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \qquad (1)$$

где p_{ij} – вероятность перехода из состояния S_i в состояние S_j, $i,j = 1, ..., 5$.

Сумма вероятностей в каждой строке матрицы равна единице:

$$\sum_{j=1}^{5} p_{ij} = 1, i = 1, ..., 5.$$

Ресурс характеризуют следующие параметры:

– τ – календарное время поступления ИР в информационную систему (например, дни, месяцы), $0 \le \tau \le T$, где T – горизонт исследования системы;

– T_{Si} – продолжительность жизни ИР, т. е. количество моментов времени от поступления ресурса в систему до момента его удаления с вероятностью, близкой к единице;

– $V_{i0}(\tau)$ – объем поступившего ресурса i-го вида в момент τ, Мб;

– $v_{ij}(t,\tau)$ – объем ресурса R_{ij}, Мб, в момент $t \ge \tau$;

– $v_{ij}(t,\tau)$ – величины, образующие вектор $V_i(t,\tau) = \left[v_{i1}\ (t,\tau), ..., v_{i5}(t,\tau)\right]$, при этом

$$\sum_{j=1}^{5} v_{ij}(t,\tau) = V_{i0}(\tau), \forall t \ge \tau;$$

– $x_{ij}(t-\tau)$ – вероятность нахождения ресурса R_{ij} в j-й степени актуальности в момент $t \ge \tau$. Вероятности $x_{ij}(t-\tau) = x_{ij}(t,\tau)$ образуют вектор $X_i(t,\tau) = \left[x_{i1}(t,\tau), ..., x_{i5}(t,\tau)\right]$, при этом $\sum_{j=1}^{5} x_{ij}(t,\tau) = 1$, а начальное распределение вероятностей $X_i(\tau,\tau) = \left[1, 0, 0, 0, 0\right]$.

Ресурс, поступивший в систему (в состояние S_1), в дальнейшем перераспределяется между состояниями пропорционально вероятностям пребывания системы в данном состоянии. Исходя из вышесказанного, мы получим следующие расчетные формулы.

Динамика изменения состояния ИР определится уравнениями

$$X_i(t+1,\tau) = \begin{cases} O, t \le \tau, \\ X_i(t,\tau)P_i, t \ge \tau, \end{cases} \qquad (2)$$

где O – нулевой вектор,

$$v_{ij}(t,\tau) = \begin{cases} O, t \le \tau, \\ V_{i0}(\tau)x_{ij}(t,\tau), t \ge \tau, \\ i = 1, ..., n,\ j = 1, ..., 5. \end{cases} \qquad (3)$$

Общий объем ресурсов i-го вида, находящихся в системе, задается вектором $V^{\Sigma}(t) = \left[V_1^{\Sigma}(t) \quad V_2^{\Sigma}(t) \quad V_3^{\Sigma}(t) \quad V_4^{\Sigma}(t) \quad V_5^{\Sigma}(t)\right]$, причем

$$V_i^{\Sigma}(t) = \sum_{\tau=0}^{T} V_i(t,\tau), t = 0, ..., T_1, \qquad (4)$$

где $T_1 = T + T_{Si}$, здесь T_{Si} – время жизни ресурса i-го вида.

Общий объем ресурсов j-й степени актуальности находится по формуле

$$u_j^{\Sigma}(t) = \sum_{\tau \le t} \sum_{i=1}^{n} v_{ij}(t,\tau),$$

$$i = 2, 3, 4,\ 0 \le t \le T. \qquad (5)$$

Расчетный объем ИР j-й степени актуальности U_j^{Σ} для определения необходимых объемов дискового пространства равен максимальному значению величины $u_j^{\Sigma}(t)$ на всем исследуемом интервале времени:

$$U_j^{\Sigma} = \max u_j^{\Sigma}(t),\ j = 2, 3, 4,\ 0 \le t \le T. \qquad (6)$$

Расчеты по формулам (2)...(6) для матрицы (1) и исходных данных по объемам поступающих ресурсов удобно производить с помощью разработанной авторами для этой цели программы «Жизненный цикл информационных ресурсов».

Приведем примеры расчетов жизненного цикла ИР на основе предложенной модели и ее программной реализации.

Модель жизненного цикла единичного ресурса. Рассмотрим систему, содержащую единственный информационный ресурс.

Предположим, что на вход системы в каждый момент времени поступает ресурс в объеме V_{10} = 1 Мб. Расчет, проведенный по формулам (2)...(5). позволяет оценить динамику накопления ИР в системе (рис. 2).

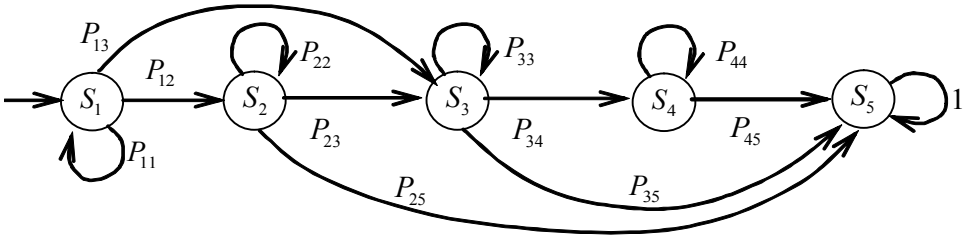


Рис. 1. Вероятностная модель жизненного цикла информационного ресурса

При непрерывном поступлении ИР в систему, которая в начальный момент не содержала ресурсов, процессы поступления и выбытия ИР постепенно уравновешиваются и информационная система переходит в стационарный режим работы. Установившийся объем ресурсов, относящихся к разным состояниям, различен, за исключением объема удаленных ресурсов (состояния S_5), который непрерывно увеличивается (см. рис. 2).

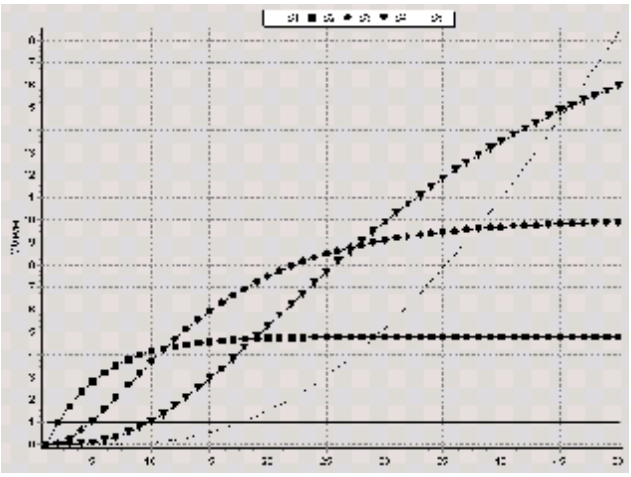


Рис. 2. График динамики накопления ИР при поступлении в каждый момент времени информации объемом 1 Мб

Модель динамики ИР-организации. Рассмотрим динамику информационных ресурсов ИТ-организации одного из отделов администрации города. Организация использует информационные ресурсы (в соответствии с приведенной выше классификацией), интенсивность поступления которых зависит от дня недели и квартала. Оценка этих объемов по данным наших наблюдений приведена в таблице.

Основываясь на этих данных, сделаем следующие выводы.

Интенсивность поступления данных и текстовой информации возрастает к концу недели, так как в организацию поступают отчеты из других организаций. Этот же эффект наблюдается в конце каждого квартала, полугодия и года. В конце и начале года интенсивность поступления ИР примерно одинакова, поскольку в этот период принимаются годовые отчеты.

Программное обеспечение обычно обновляется в начале месяца, квартала, года. Обновление производится с помощью сервисных пакетов или путем импорта новых структур.

Интенсивность поступления интерактивных объектов к концу полугодия и года увеличивается, в том числе в связи с необходимостью израсходовать запланированный сетевой трафик.

Что касается ИР типа «Изображение», то здесь не просматривается строгой закономерности их поступления в систему.

Расчет проводится с помощью упомянутой выше программы «Жизненный цикл информационных ресурсов». При работе программы после заполнения матриц P_i формируются файлы, определяющие сценарий поступления информации по каждому виду ресурсов в течение года в соответствии с приведенной выше таблицей. Один такт работы системы моделирования соответствует одному дню работы организации. Также условно полагаем, что в начале периода моделирования хранилища данных были пусты:

$$V_{i0}(0) = 0, \ \ i = 1, ..., 5.$$

При выполнении расчетов по каждому потоку данных строится график, отображающий вероятность пребывания ресурса в каждом из состояний на каждом такте (рис. 3).

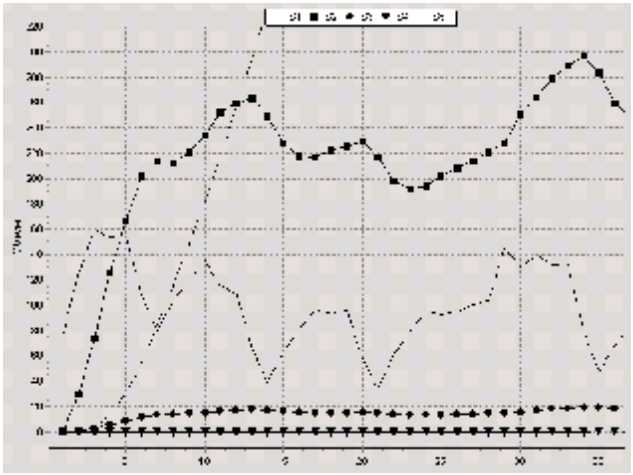


Рис. 3. Динамика ИР «Интерактивные объекты»

С помощью этих графиков можно оценить параметры оборудования, необходимого для хранения информационных ресурсов. Например, на рис. 3 отображено, что ИР «Интерактивные объекты» не передаются на архивное хранение (состояние S_4) и практически не хранятся на жестких дисках со средней скоростью доступа (состояние S_3). Информационные ресурсы данного типа для хра-

Интенсивность ежедневного поступления данных в течение года, Мб

День (период)	Данные	Изображение	Интерактивный объект	Программные средства	Текст
Понедельник	5	5	40	–	10
Вторник	10	3	43	–	17
Среда	14	5	48	–	21
Четверг	30	2	35	–	35
Пятница	35	2	40	–	35
Конец месяца	75	10	130	–	55
Начало месяца	10	5	40	7	15
Конец квартала	80	15	140	–	80
Начало квартала	10	5	40	7	15
Конец года	75	15	140	–	80
Начало года	110	20	150	7	125

нения используют в основном оборудование с высокой скоростью доступа (состояние S_2), после чего сразу удаляются. На графиках также наглядно видна периодичность поступления ИР данного типа.

Результирующий график по всем типам информационных ресурсов (рис. 4) показывает, что система выходит на стационарный режим к концу года; в течение года основная нагрузка приходится на жесткие диски архивного хранения; в конце года на них хранится около 1 650 Мб ресурсов всех типов. Менее всего задействованы жесткие диски со средней скоростью доступа: в течение года на них хранится максимум 300 Мб информации.

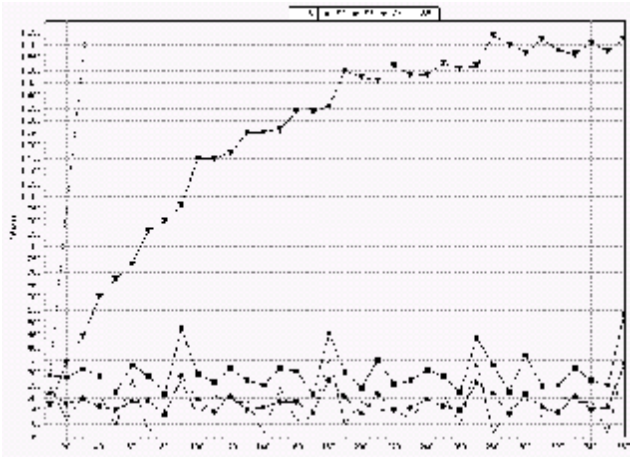


Рис. 4. Динамика суммарного объема ИР всех категорий

После выполнения расчета все исходные и полученные данные можно экспортировать в MS Excel для дальнейшей обработки и анализа. Программа позволяет обрабатывать от одного до пяти типов ресурсов на глубину до 1 000 000 тактов. В ней также реализован контроль ввода и предусмотрена возможность сохранения исходных данных.

Таким образом, предложенная в данной статье вероятностная модель жизненного цикла информационных ресурсов позволяет получать качественно адекватную картину динамики как для отдельного ресурса, так и для совокупности ресурсов, используемых ИТ-организацией.

С помощью программы «Жизненный цикл информационных ресурсов», реализующей эту методику, можно проанализировать загруженность дискового оборудования несколькими типами ресурсов за любой срок и, исходя из полученных данных, подобрать оптимальное по цене, объему и скорости доступа оборудование.

Кроме того, можно решать задачу по поиску оптимальной стратегии по управлению мощностями [1], рассматривая сроки замены и характеристики оборудования.

Определенную сложность при использовании предлагаемой методики представляет получение оценок вероятностей перехода между состояниями p_{ij}. Для этой цели, помимо рассмотренного выше метода экспертного оценивания, можно использовать методику оценки параметров цепей Маркова по экспериментальным данным [8].

Библиографический список

1. Ниессен, Я. Введение в ИТ Сервис-менеджмент [Электронный ресурс] / Я. Ниессен. Электрон. дан. Режим доступа: http://allitil.ru/book/42-vvedenie-v-itsm.-glava-1.html. Загл. с экрана.

2. Антопольский, А. Б. Информационные ресурсы России : науч.-метод. пособие / А. Б. Антопольский. М. : Либерея, 2004.

3. Избачков, Ю. И. Информационные системы : учебник для вузов / Ю. С. Избачков, В. Н. Петров. СПб. : Питер, 2005.

4. Hierarchical Storage Management [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://www.dscon.ru/education/legato_hsm_2.htm. Title from display.

5. Dublin Core Metadata Element Set. Version 1.1 : Reference description [Electronic resource]. Electronic data. 1999. Access mode: http://dublincore.org/documents/dces . Title from display.

6. American Productivity&Quality Center [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://www.apqc.org/portal/apqc/site.html. Title from display.

7. Жукова, С. А. Моделирование и оптимизация структуры информационного ресурса : автореф. дис. … канд. техн. наук / С. А. Жукова. Ижевск, 2008.

8. Доррер, Г. А. Технология моделирования и разработки учебных электронных изданий / Г. А. Доррер, Г. М. Рудакова. Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, 2006.

G. A. Dorrer, A. A. Popov, K. V. Sysenko

LIVING CYCLE INVESTIGATION OF THE ELECTRONIC INFORMATION RESOURCES

A probability model of information resources (IR) living cycle based on the Markov chain formalism is suggested. Here are given the following initial suppositions:

– IR are classified according to the Dublin Core Metadata Element Set (DCMI);

– five typical business processes on IR managing according to American Productivity & Quality Center classification are take out;

– IR are classified as critically important, important and non-important.

With the help of the developed program system the proposed model can estimate the living cycle of all the components of the single IR, their dynamics in organization of newly entered IR. It gives the opportunity to estimate the necessary disc space capacity in organization. The sample of IR dynamics modeling in some department of the city administration is given.

Keywords: information recourses, living cycle, simulation.

УДК 004.021

В. О. Лесков

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕКСИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОГО БАЗИСА

Рассмотрена проблема информационной поддержки обучения иностранной лексике на основе внутриязыковых ассоциативных зависимостей. Сформулирована задача построения информационно терминологического базиса. В качестве ее решения предлагается нисходящий алгоритм формирования лексически связанных компонентов.

Ключевые слова: МЛ-технология, лексически связанный, ИТБ, ЛСК-методика, ЛС-компонент.

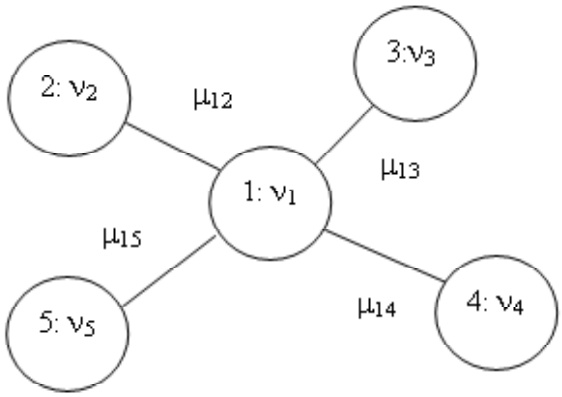
Обучение иностранной лексике подразумевает установление однозначных ассоциативных связей между терминами различных языков, обозначающими одно и то же понятие. Такие связи являются наиболее простыми и устанавливаются непосредственно в процессе обучения. Построение более сложных ассоциативных связей происходит естественным путем в процессе использования усвоенных знаний, в том числе это касается и установления ассоциативных связей внутри изучаемого языка. Однако современные средства обработки и анализа текстов позволяют уже на этапе обучения искусственно воссоздавать такие ассоциативные зависимости.

Так, например, назначение методики обучения на основе лексически связанных компонентов (ЛСК-методики) состоит в построении систем внутриязыковых ассоциативных связей с относительно жесткой структурой непосредственно в процессе обучения [1].

Для понимания сути этой методики обратимся к ее информационному обеспечению, т. е. к информационно-терминологическому базису (ИТБ). Дело в том, что ИТБ ЛСК-методики качественно отличается от классического ИТБ [2]. Различие состоит в информационных базисных компонентах: если в классическом ИТБ таким компонентом является термин, его качества и языковые аналоги, то в случае ЛСК-методики речь идет о более сложной структуре, а именно о лексически связанном компоненте (ЛС-компоненте).

Лексически связанный компонент. ЛС-компонент имеет следующую структуру (см. рисунок).

Лексему, связанную со всеми без исключения лексемами ЛС-компонента ИТБ, принято называть *основной лексемой*, а лексемы, имеющие только одну связь, – *связанными лексемами*.



Лексически связанный компонент ИТБ

Методика обучения строится на совместном применении двух алгоритмов:

– адаптивного алгоритма обучения, рассмотренного в [3], с тем исключением, что в качестве элементов обучающего материала выступают не лексемы, а ЛС-компоненты;

– алгоритма построения внутриязыковых ассоциативных полей.

Алгоритм построения внутриязыковых ассоциативных полей состоит в последовательной подаче к изучению элементов ЛС-компонента. Порядок выполнения этого алгоритма следующий:

– основная лексема – перевод, подсказка на иностранном языке (в рамках мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии (МЛ-технологии));

– связанная лексема – перевод, подсказка на иностранном языке (в рамках МЛ-технологии);

– лексическое сочетание основной и связанной лексем – перевод сочетания, подсказка на иностранном языке (языковой аналог лексического сочетания, а не лексем по отдельности);

– переход к следующей связанной лексеме;

– переход к следующему лексически связанному компоненту.

Таким образом, на этапе обучения усваивается не только информация о языковых аналогах терминов, но и информация о лексических связях этих аналогов, что в свою очередь ведет к построению систем внутриязыковых ассоциативных связей.

Принципы формирования ЛС-компонентов. Пусть имеется ИТБ с данными о лексических связях. Для применения ЛСК-методики необходимо изменить структуру ИТБ, выделив основные лексемы и построить на их

лексемы:
1 – основная лексема
2,3,4,5 – связанные лексемы
лексические связи:
1-2, 1-3, 1-4, 1-5
количественные характеристики:
ν_i – абсолютная частота i-ой лексемы;
μ_{ik} – абсолютная частота сочетания i–ой и k–ой лексем

основе ЛС-компоненты. Рассмотрим пути решения этой задачи.

Для выделения основных лексем нужно выработать критерий на основе данных о частоте использования лексем и их лексических связях.

Процесс обучения и, соответственно, процесс формирования порций обучающей информации (ОИ) подчинены адаптивному алгоритму обучения. Согласно данному алгоритму, скорость забывания лексем изменяется по закону

$$\alpha_i^n = \frac{b_i^n}{\hat{h}k \dfrac{\sum\limits_k (1-p_{ik})\mu_{ik}}{\sum\limits_k \mu_{ik}} + 1}, \qquad (1)$$

где b_i^n – скорость забывания i-го элемента ОИ на n-м сеансе; $(1 - p_{ik})$ – вероятность знания k-го элемента ОИ, который лексически связан, т. е. порождает ассоциацию, с i-м элементом ОИ; μ_{ik} – относительная частота сочетания i-й и k-й лексем, отражающая силу ассоциативной связи; k – количество связанных лексем в компоненте; $\hat{h}$ – параметр, характеризующий активность ассоциативных связей, $0 < \hat{h} < 1$.

Вероятность незнания лексемы через функцию от времени может быть представлена в виде

$$p_i^n = p_i(t_i^n) = 1 - e^{-\alpha_i^n t_i^n}, \qquad (2)$$

где α_i^n – скорость забывания i-го элемента ОИ на n-м сеансе с учетом его связи с элементами ранее изучавшихся иностранных терминологий; t_i^n – время с момента последнего заучивания i-го элемента ОИ.

Согласно адаптивному алгоритму обучения, порции обучающей информации формируются с учетом критерия

$$Q_n = \sum_{i=1}^{N} p_i(t_i^n) q_i \to \min, \qquad (3)$$

где $p_i^n(t_i^n)$ – вероятность незнания i-го элемента ОИ в момент времени t_i^n; q_i – относительная частота, выражающая долю лексической единицы в тексте, подвергшемся статистической обработке при составлении частотного словаря, $0 < q_i < 1$:

$$q_i = \frac{q_i^{\max}}{V}, \qquad (4)$$

здесь $q_i^{\max} = \max q\{q_{i1}, q_{i2}, \ldots, q_{in}\}$ – абсолютная частота появления лексической единицы в тексте; $q_{i1}, q_{i2}, \ldots, q_{in}$ – частоты из мультилингвистического словаря, если речь идет о мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии [4].

Таким образом, для обеспечения оптимального значения Q_n к концу n-го сеанса обучения необходимо найти M_n максимальных членов суммы в критерии, индексы которых и определят очередную порцию ОИ, выдаваемую обучаемому для запоминания. Процедура поиска индексов для терминов записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} u_1 &= \arg\max p_i(t_i^n) q_i,\ 1 \le i \le N, \\ u_2 &= \arg\max p_i(t_i^n) q_i,\ 1 \le i \le N, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ u_{M_n} &= \arg\max p_i(t_i^n) q_i,\ 1 \le i \le N, \\ i &\ne u_j,\ j = 1, 2, \ldots, M_n - 1, \end{aligned} \qquad (5)$$

где $\arg\max\{a_i\} = i^* $ – индекс $i^* \in U$ максимального значения a_i, т. е. $a_i^* = \max a_i$; $\{u_1, \ldots, u_{Mn}\} = U^*$ – та порция ОИ, которая выдается для заучивания на n-м сеансе.

С учетом применения методики обучения на основе лексически связанных компонентов за u_i берется не термин, а лексическое сочетание основной и связанной лексемы, если наибольший вес приобрела связанная лексема, или лексически связанный компонент, если наибольший вес приобрела основная лексема.

Для выработки критерия отбора основных лексем рассмотрим ИТБ в момент времени t_{n+1}, когда прошло уже некоторое время с тех пор как базис был пройден. Допустим, что ИТБ был построен как совокупность ЛС-компонентов, тогда основные лексемы, согласно приведенному выше адаптивно-обучающего алгоритму, будут заучены намного лучше, чем их связанные лексемы:

$$p_i^{n+1} = p_i(t_i^{n+1}) = 1 - e^{-\alpha_i^{n+1} t_i^{n+1}} \to \max. \qquad (6)$$

Значения $p_{\text{зн}i}^{n+1}$ позволяют определить, какие из лексем ИТБ более других подходят на роль основных, но это возможно только к концу обучения при условии, что базис уже сформирован как совокупность ЛС-компонентов.

Перед нами стоит обратная задача – сформировать ИТБ до начала обучения. Однако по частотным характеристикам лексем и лексических сочетаний можно попытаться оценить значение $p_{\text{зн}i}^{n+1}$ для всех лексем базиса и, исходя из этого набора значений, построить критерий для выделения основных лексем.

Предположим, что нам удалось вычислить оценку $p_{\text{зн}i}^{n+1}$ для каждой лексемы, тогда, учтя относительную частоту лексем q_i, построим искомый критерий:

$$L_i = \hat{p}_{\text{зн i}}^{n+1} q_i \to \max \qquad (7)$$

Теперь найдем значение $\hat{p}_{\text{зн i}}^{n+1}$. Подставив выражение (1) в (6), получим

$$\hat{p}_{\text{зн}i}^{n+1} = e^{-\frac{b_i^{n+1}}{\hat{h}k \frac{\sum\limits_k p_{\text{зн}ik}^{n+1} \mu_{ik}}{\sum\limits_k \mu_{ik}} + 1} t_i^{n+1}}, \qquad (8)$$

где t_i^{n+1} – время с последнего заучивания i-й лексемы, о котором нам ничего не известно; b_i^{n+1} – скорость забывания i-й лексемы к моменту времени t_i^{n+1}, о которой нам также ничего не известно и которая вычисляется итеративно в процессе обучения; $p_{\text{зн}ik}^{n+1}$ – вероятность знания k-й лексемы, которая лексически связана, т. е. порождает ассоциацию, с i-й лексемой.

Здесь нужно заметить, что задача выработки критерия для выделения основных лексем сводится к тому, чтобы для каждой лексемы было рассчитано значение (7) и это значение было тем больше, чем больше эта лексема подходит на роль основной. Это обстоятельство позволяет нам во многом смириться с частичным незнанием элементов выражения (8).

Так, например, для разбивки ИТБ на ЛС-компоненты совершенно не важны значения t_i^{n+1} и b_i^{n+1}, которые мы заменим соответственно на условную безразмерную единицу времени и на b_0, получаемое из условия $p = 0{,}5$, $t = 1$ для всех лексем ИТБ. Также примем за единицу оценку параметра h.

Что касается вероятности $p_{\text{зн}ik}^{n+1}$, то ее мы можем оценить через относительную частоту k-й лексемы, так как к

концу обучения, согласно адаптивно-обучающему алгоритму, вероятности знания всех лексем будут прямо пропорциональны их относительным частотам. Тогда выражение для оценки $p_{\text{зн}i}^{n+1}$ будет иметь вид

$$\widehat{p}_{\text{зн}i}^{n+1} = e^{-\frac{b_0}{k\frac{\sum_k q_k \mu_{ik}}{\sum_k \mu_{ik}}+1}}, \qquad (9)$$

где $b_0 \approx 0,7$ (получено из условия $p = 0,5$, $t = 1$); q_k и μ_{ik} содержатся в ИТБ.

Подставив выражение (9) в (7), получим критерий для выделения основных лексем:

$$L_i = e^{-\frac{0,7}{k\frac{\sum_k q_k \mu_{ik}}{\sum_k \mu_{ik}}+1}} q_i \to \max. \qquad (10)$$

Таким образом, мы получили значение L_i для каждой лексемы ИТБ. Теперь нам необходимо определить количество основных лексем, и задачу о формировании ИТБ как совокупности ЛС-компонентов можно будет считать решенной.

Задачу о нахождении оптимального количества основных лексем решим с помощью перебора. Для этого введем функцию качества ИТБ как совокупности ЛС-компонентов от числа основных лексем:

$$L(n) = \sum_i q_i e^{-\frac{0,7}{k\frac{\sum_k q_k \mu_{ik}}{\sum_k \mu_{ik}}+1}} \to \max, \qquad (11)$$

где $L(n)$ показывает сумму взвешенных вероятностей знания лексем по всему базису. Чем больше эта сумма, тем более удачно построен базис. Отсюда, максимизируя $L(n)$, получаем оптимальное значение количества основных лексем.

Нисходящий алгоритм формирования ЛС-компонентов. Алгоритм формирования ЛС-компонентов состоит из следующих фаз:

1. Подготовка ИТБ.

1.1. Для каждой лексемы ИТБ вычисляется значение L_i (10).

1.2. ИТБ упорядочивается по убыванию значения L_i таким образом, что чем меньше будет порядковый номер лексемы, тем выше вероятность образования на ее основе ЛС-компонента.

1.3. Данные о лексических связях упорядочиваются по убыванию значения $qk\mu_{ik}$. Тем самым увеличивается вероятность попадания в ЛС-компонент тех связанных лексем, которые более всего могут улучшить качество ИТБ (11).

2. Поиск оптимального количества основных лексем.

2.1. Осуществляется перебор возможного количества основных лексем k от 1 до объема ИТБ (возможно сужение разработчиком интервала поиска).

2.2. Для текущего значения k определяются основные лексемы (k первых лексем ИТБ).

2.3. Для выбранных основных лексем определяются связанные лексемы (как правило, задается максимум количества связанных лексем).

2.4. Подсчитывается значение функции качества (11).

2.5. Если перебор окончен, то переход к п. 2.6, если иначе, то возврат к п. 2.1.

2.6. Определяется максимум функции качества (оптимальное число основных лексем $k_{\max}$).

3. Формирование ИТБ как совокупности ЛС-компонентов. Искомый ИТБ получается при выполнении пп. 2.2 и 2.3 для $k_{\max}$ основных лексем.

Алгоритмы представленного выше вида будем называть *нисходящими* (Н-алгоритмы), так как определение связанных лексем (см. п. 2.3) происходит непосредственно из свойств текущей основной лексемы (см. п. 2.2), т. е. сверху вниз.

Приведем пример работы такого алгоритма.

Настраиваемые параметры базиса:

– объем базиса в терминах (1 000);

– максимальное количество связей на одну лексему (10);

– максимальное значение абсолютной частоты лексем (100/50 000);

– максимальное значение частоты сочетаний лексем (20/50 000);

– объем материала, по которому произведен частотный анализ (50 000);

– коэффициент связанности лексем (1).

Тестирование Н-алгоритма дает следующие результаты:

– максимум $L(n)$, равный 0,496 118 565 143 325, приходится на 188 основных лексем;

– количество итераций – 4 981 096;

– время исполнения – 3,41 с;

– количество элементов, не задействованных в ЛС-компонентах, – 320.

Таким образом, в данной статье рассмотрена проблема информационной поддержки ЛСК-методики: поставлена и решена задача формирования ИТБ как совокупности ЛС-компонентов; выработаны критерий для выделения основных лексем ИТБ и функция качества построения ИТБ; разработаны общие принципы решения поставленной задачи, реализованные в нисходящем алгоритме формирования ЛС-компонентов, применение которого к ИТБ является ее частным решением.

Библиографический список

1. Ковалев, И. В. Внутриязыковые ассоциативные поля в мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / И. В. Ковалев, В. О. Лесков, М. В. Карасева // Системы упр. и информ. технологии. 2008. № 3.1 (33). С. 157–160.

2. Карасева, М. В. Модель архитектуры мультилингвистической адаптивно-обучающей технологии / М. В. Карасева, И. В. Ковалев, Е. А. Суздалева // Новые информационные технологии в университетском образовании : тез. докл. Междунар. науч.-метод. конф. / Кемер. гос. ун-т. Кемерово, 2002. С. 204–205.

3. Растригин, Л. А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого / Л. А. Растригин, М. Х. Эренштейн. Рига : Зинатне, 1988.

4. Ковалев, И. В. Информационно-алгоритмическое обеспечение мультилингвистической технологии обучения / И. В. Ковалев, А. А. Ступина, Е. А. Суздалева // Современное образование: массовость и качество : материалы регион. науч.-метод. конф. Томск, 2001 . С. 98–99.

V. O. Leskov

FORMATION OF LEXICALLY RELATED COMPONETS OF INFORMATION-VOCABULARY BASIS

The problem of information support of foreign vocabulary training based on intralingua associative relationships is considered. The task of the information-vocabulary basis formation is defined and resolved by top-down algorithm of the lexically related components building.

Keywords: ML-technology, lexically related, ITB, LRC-methodology, LR-component.

УДК 681.518.22-25

В. В. Шишов, В. А. Ильин, Н. А. Петрова

ИНТЕРАКТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА[1]

Впервые для РФ спроектирована интерактивная информационная дендроклиматическая система, которая включает обновляемую реляционную базу дендрохронологической и климатической информации на базе SQL-технологий, а также функциональное наполнение, объединяющее разнообразное специальное программное обеспечение по обработке дендроклиматической информации, адаптированное для разных операционных платформ.

Ключевые слова: интерактивная информационная система, TCL-технология.

С начала 90-х гг. XX в. в России формируется единая государственная система экологического мониторинга, в состав которой входит раздел дендрохронологического и дендроклиматического мониторинга, т. е. информационная система слежения, оценки и прогноза изменений годичного прироста деревьев и определяющих этот прирост факторов [1–7].

В настоящее время накоплен уникальный дендрохронологический материал, включающий не только данные по обширной территории России, но и данные по Западной Европе, Южной и Северной Америке, Азии [1–3; 5; 7–15]. По сравнению с другими прямыми и косвенными источниками информации о состоянии биосферы дендрохронологический материал, или временные ряды (ВР) радиального прироста деревьев (древесно-кольцевые хронологии, ДКХ) имеют важные особенности: высокое временное разрешение (1 год); достаточную длительность (ДКХ живых деревьев покрывают интервал до 700...800 лет, с использованием ископаемой древесины – несколько тысячелетий, что позволяет оценивать изменение климата); четкую количественную основу; практически повсеместное распространение на территории суши по земному шару. Система таких пространственно-распределенных ДКХ характеризует основное поведение и динамику одного из важнейших лесных компонентов биосферы Земли. Сами ДКХ, представляющие собой временные ряды или случайные функции (СФ) с дискретным аргументом, несут разнообразную информацию о факторах, определяющих прирост деревьев: внутренних (организменных), фитоценотических и внешних.

Совокупность пространственно-распределенных ДКХ и климатических временных рядов является исходным источником информации для выявления, анализа и моделирования изменений в росте древесных растений, имеющих как специфические (региональные) особенности, так и общие для обширной территории России и Западной Европы характеристики. Такие изменения могут быть ассоциированы с сигналом, характеризующим взаимодействие биосферы с факторами климатической природы.

Выявить, проанализировать и визуализировать подобные закономерности в приросте древесных растений в связи с изменениями климатических факторов можно при помощи разнообразных математико-статистических методов, как новых, так и традиционно используемых в дендроклиматологии, реализованных в виде программного обеспечения с бесплатной лицензией. Но такие задачи являются очень трудоемкими и затратными по времени, так как связаны с обработкой больших массивов данных, а также обобщением и визуализацией пространственно-распределенной информации на огромных территориях.

В связи с этим представляется важной автоматизация решения подобного рода задач на основе соответствующих специально разработанных систем обработки информации, которые позволяли бы решать их в полуавтоматическом режиме с минимальными затратами по времени. Такие системы могут стать информационной основой дендроклиматической системы мониторинга России при выявлении и анализе системных связей и закономерностей в приросте древесных растений в связи с меняющимся климатом на территории страны.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-00900-а, проект № 09-04-00803-а).

Функциональные возможности и особенности интерактивной информационной системы дендроклиматического мониторинга. Авторами спроектирована интерактивная система дендроклиматического мониторинга, являющаяся частью системы экологического мониторинга Российской Федерации [1–5; 7]. Система включает обновляемую базу первичных дендрохронологических и климатических данных на основе PostgreSQL-технологий. Дендрохронологические временные ряды получены с более чем 300 дендрохронологических тест-полигонов (участков), равномерно расположенных на территории Урала и Сибири для нескольких основных лесообразующих пород, а климатические данные представляют собой временные ряды суточного разрешения с более чем 40 климатических станций РФ (рис. 1).

Данная интерактивная система характеризуется следующими основными особенностями:

– платформа базируется на операционной системе Windows и прикладном обеспечении (ПО), распространяемом по открытым лицензиям (Expect, TCL, PostgeSQL, httpd.tcl);

– используется модульная архитектура проектирования;

– существует возможность интеграции системы с ПО других производителей;

– используются открытые форматы представления данных и протоколов передачи (TCP/IP, SQL, HTML, XML, XSL, SOAP, TMS/TMX и др.);

– обеспечена гибкость настройки ПО;

– реализована масштабируемость.

В системе осуществляется клиентский доступ к базам данных (рис. 2), который позволяет выполнять запросы по поиску необходимой дендрохронологической и климатической информации по географическим координатам.

В перспективе планируется организация взаимодействия этой системы с уже существующими базами данных, размещенными на других открытых веб-ресурсах (например, http://hurricane.ncdc.noaa.gov/pls/paleo/fm_createpages.treering) (рис. 3).

В настоящее время интерактивная система дендроклиматического мониторинга позволяет обрабатывать дендрохронологическую и дендроклиматическую информацию при помощи неграфического прикладного ПО, но уже решается вопрос о подключении для этих целей графических приложений. Более того, дальнейшее совершенствование этой системы предполагает частичную репликацию опубликованной ранее дендроклиматической информации на один из открытых серверов, чтобы расширить ее функциональные возможности за счет использования новых TCL- и других приложений, разработанных не только администраторами и системными программистами представленной интерактивной системы, но и добровольными wiki-специалистами при соответствующем продвижении разработанного веб-ресурса (см. рис. 3).

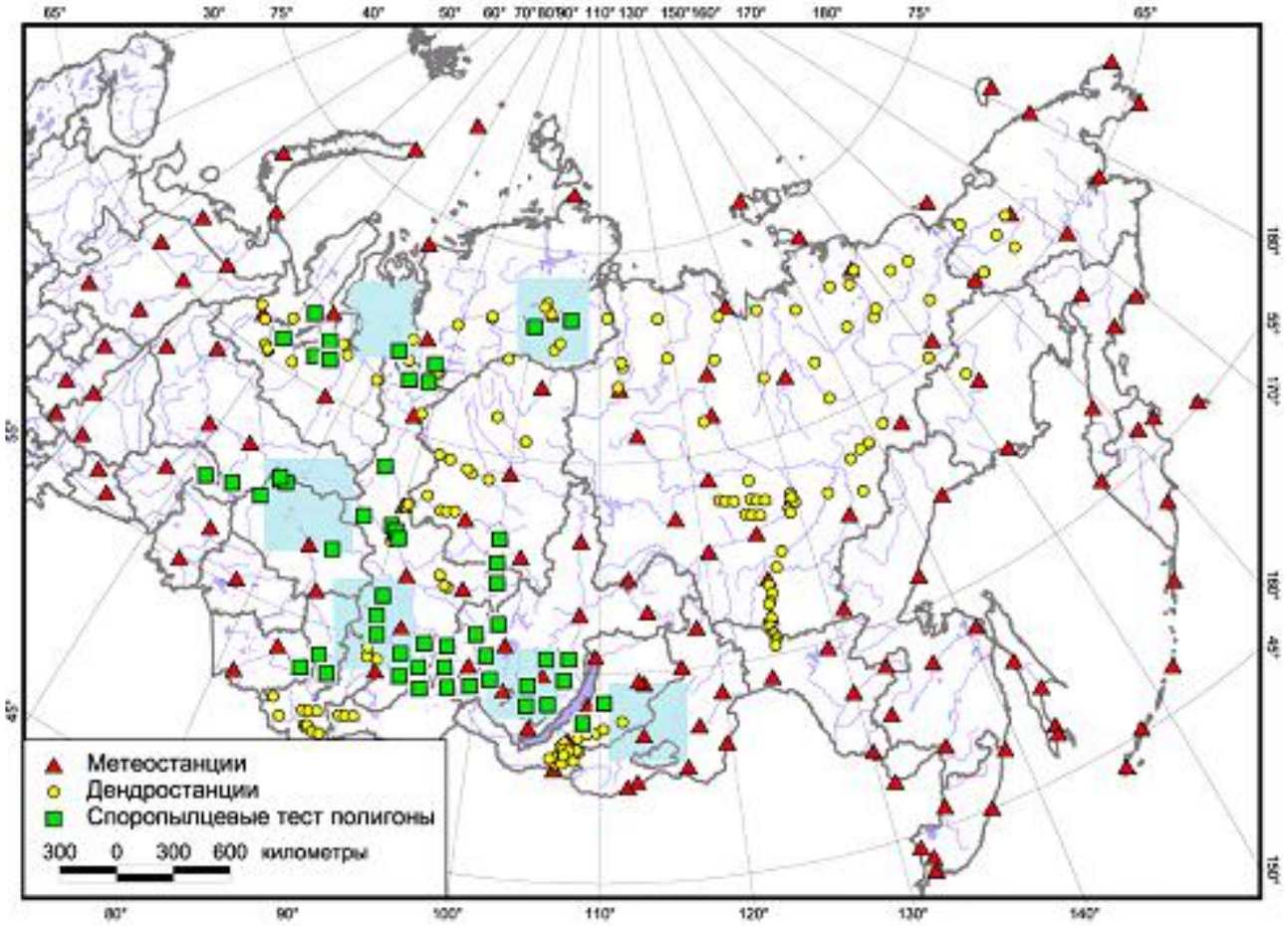


Рис. 1. Пространственное распределение дендрохронологических тест-полигонов (участков), метеорологических станций и споро-пыльцевых тест-полигонов, включенных в систему дендроклиматического мониторинга России

Применяемые технические средства и программное обеспечение. В интерактивной системе дендроклиматического мониторинга используется TCL-SQL-проект, который предусматривает общий TCL-интерфейс к базам данных.

Реализация системы на начальном этапе состояла в доступе к интерактивной базе данных (на основе технологии PostgreSQL[1]), в которой находятся данные измерений (рис. 4).

Отметим, что стандартный скрипт-язык TCL[2] (*Tool Command Language* – командный язык инструментов) не содержит средств для доступа к PostgreSQL. Однако этот язык выполнен таким образом, что он может расши-

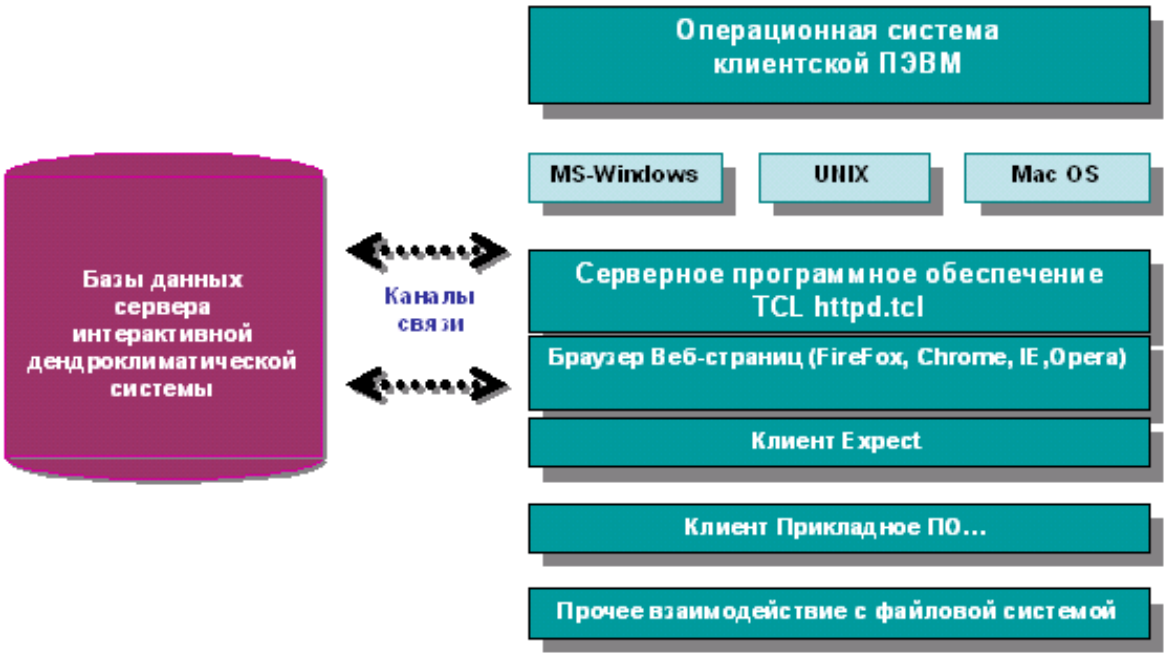


Рис. 2. Схема клиентского доступа к серверу баз данных

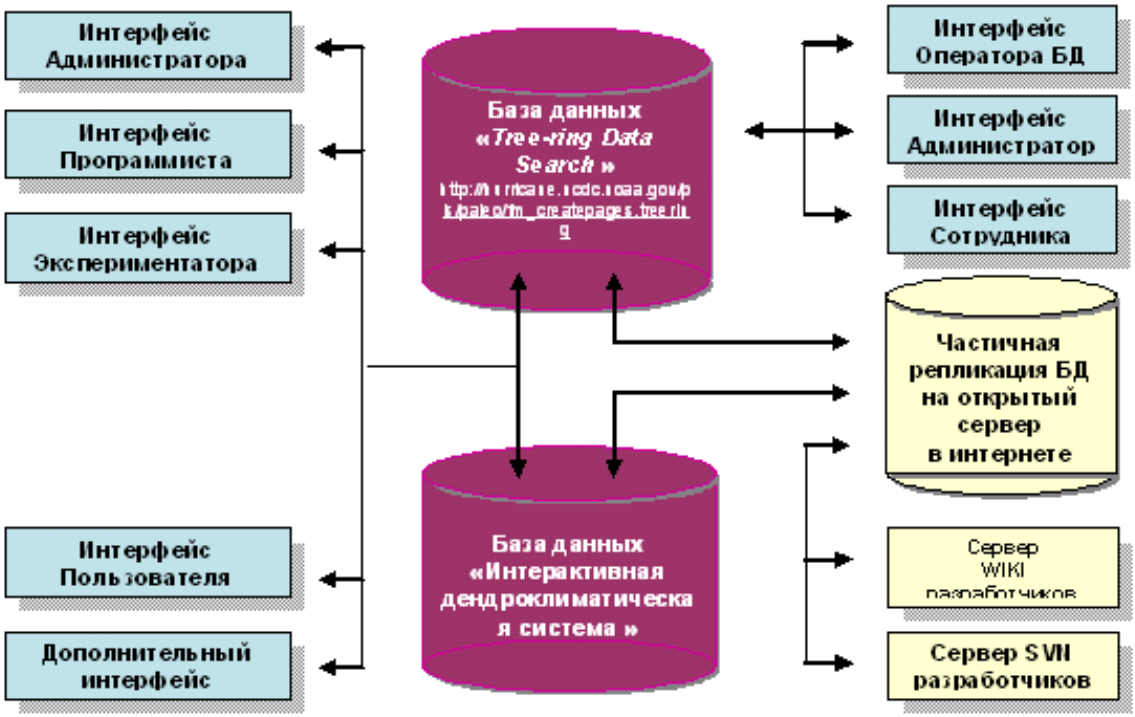


Рис. 3. Общая схема спроектированной интерактивной системы

[1] PostgreSQL – это свободная реляционная объектно-ориентированная система управления базами данных (СУБД), которая является некоммерческой альтернативой коммерческим СУБД (например, Oracle Database, Microsoft SQL Server, IBM DB2, Informix и СУБД производства Sybase).

[2] TCL, наряду с Perl и Python, стал одним из трех классических скриптовых языков общего назначения. В TCL можно манипулировать данными всех типов, включая коды программы, как строками. Это позволяет TCL являться языком с естественной поддержкой метапрограммирования.

рять свои возможности через подгружаемые новые библиотеки, а следовательно, наличие нужной библиотеки – это необходимое и достаточное условие для того, чтобы использовать в проекте все преимущества SQL.

Для интегрирования унаследованных приложений, т. е. специального ПО, с разрабатываемой интерактивной системой в качестве инструмента для автоматизации и тестирования в ОС Unix/Window XP была выбрана технология Expect, являющаяся расширением к TCL для неграфических интерактивных унаследованных приложений [16].

Для данного проекта был создан домен третьего уровня на базе домена Красноярского государственного торгово-экономического института http://sg0809.kgtei.ru/, через который проброшен туннель по порту 8015 на Windows-машину с сервером приложения. Это позволяет использовать смешанную архитектуру доступа, в результате реализации которой повышается безопасность и надежность функционирования системы.

В разработанной интерактивной системе используются спроектированные авторами веб-службы, т. е. программы, доступ к которым осуществляется через протокол HTTP, а обмен данными происходит в форматах XML, JSON и REST (см. рис. 2). В отличие от обычных динамических библиотек неграфических программ такой подход обладает рядом преимуществ:

– веб-служба находится на серверах, с которыми она взаимодействует. Поэтому в любой момент пользователю доступна самая свежая версия данных и ему не приходится заботиться об обновлениях и вычислительных мощностях, требуемых для выполнения операции;

– инструменты для работы с HTTP и XML есть в любом современном языке программирования, поэтому эта система (веб-служба) переходит в разряд платформонезависимых.

В качестве сервера приложений выбран TCL-веб-сервер, который характеризуется высокой надежностью, а также хорошо стыкуется со скриптами и open-source ПО. Сервер использует свою систему ввода-вывода, что позволяет ему без проблем оперировать данными между дисковыми накопителями и сокетами.

Таким образом, спроектированная интерактивная информационная система позволяет вести комплексный анализ дендроклиматической информации, а именно:

– выполнять различные запросы по покоординатному поиску дендрохронологических и климатических данных;

– строить стандартные древесно-кольцевые хронологии [1; 5; 6; 13];

– вести различные преобразования климатических данных суточного разрешения;

– анализировать функции отклика древесных растений на изменение климатических факторов [1; 6; 8; 9; 15];

– моделировать годичный прирост деревьев по ведущим климатическим факторам на основе VS-модели.

В дальнейшем к этой системе планируется подключение графических приложений, позволяющих рассчитывать

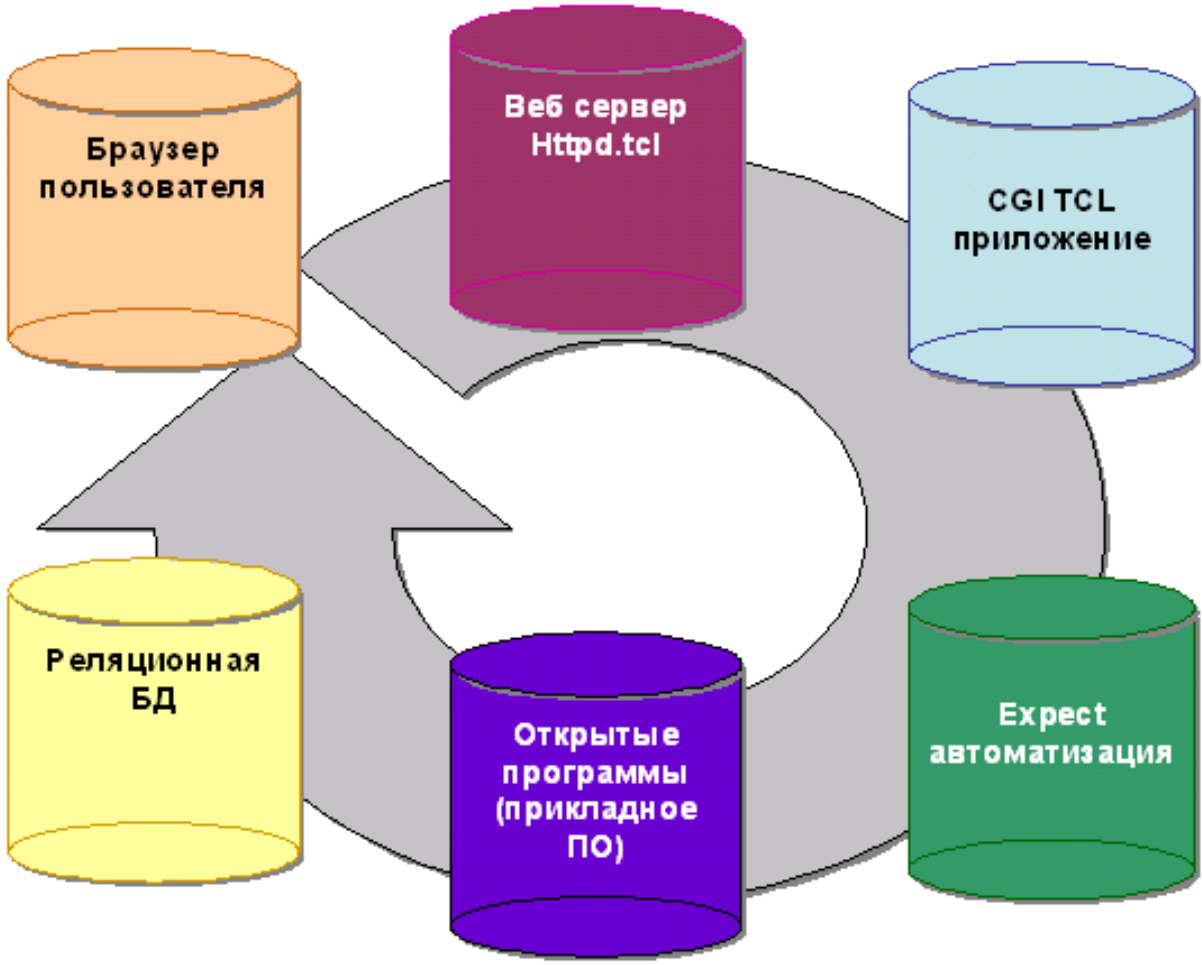


Рис. 4. Общая схема функционирования системы дендроклиматического мониторинга

различные скользящие характеристики годичных колец на основе непараметрических статистик, а также проводить пространственную экстраполяцию полученных результатов на анализируемое географическое пространство [4; 5].

Предложенная авторами интерактивная информационная система дендроклиматического мониторинга может быть использована специалистами в области экологии, биогеографии, а также всеми занимающимися решением подобного рода задач в физике, экономике, социологии. Эта система может быть задействована в учебном процессе для решения типовых задач по экологии и написания курсовых и дипломных работ по соответствующей тематике.

Библиографический список

1. Ваганов, Е. А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа. Новосибирск : Всерос. об-ние «Наука», 1996.

2. Ваганов, Е. А. Важность дендрохронологических и дендрогидрологических исследований в изучении глобальных и региональных проблем / Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов // Сиб. экол. журн. 1999. Т. 6, № 2.

3. Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария / Е. А. Ваганов, К. А. Бриффа, М. М. Наурзбаев и др. // Докл. Рос. акад. наук. 2000. Т. 375, № 1. С. 103–106.

4. Пространственная изменчивость прироста древесных растений на территории Сибири в последнем столетии / В. В. Шишов, Е. А. Ваганов, М. К. Хьюз, М. А. Корец // Докл. Рос. акад. наук. 2002. Т. 387, № 5. С. 690–693.

5. Анализ изменчивости радиального прироста древесных растений на территории севера Евразии в последние десятилетия / В. В. Шишов, М. М. Наурзбаев, Е. А. Ваганов и др. // Изв. Рос. акад. наук. Сер. географ. 2007. № 3. С. 49–59.

6. Шиятов, С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. М. : Наука, 1986.

7. Шиятов, С. Г. Методическая основа организации системы дендроклиматического мониторинга в лесах азиатской части России / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов // Сиб. экол. журн. 1998. Т. 5, № 1. С. 31–38.

8. Мазепа, В. С. Влияние осадков на динамику радиального прироста хвойных в субарктических районах Евразии / В. С. Мазепа // Лесоведение. 1999. № 6. С. 15–22.

9. Мазепа, В. С. Погодичная реконструкция средней летней температуры воздуха на севере Западной Сибири с 1690 г. на основе данных о радиальном приросте деревьев / В. С. Мазепа // Сиб. экол. журн. 1999. № 2. С. 175–183.

10. Хантемиров, Р. М. Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене / Р. М. Хантемиров, С. Г. Шиятов // Экология. 1999. № 3. С. 163–169.

11. Шишов, В. В. Статистическая связь между проявлениями Эль Ниньо и летней температурой в Субарктике Сибири / В. В. Шишов // Докл. Рос. акад. наук. 2000. Т. 375, № 5. С. 676–679.

12. Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes / K. R. Briffa, F. H. Schweingruber, P. D. Jones et al. // Nature. 1998. Vol. 391. P. 678–682.

13. Briffa, K. R. Large-scale temperature inferences from tree rings: a review / K. R. Briffa, T. J. Osborn, F. H. Schweingruber // Global and Planetary Change. 2004. Vol. 40. P. 11–26.

14. Cook, E. R. Forest decline: Modeling the effect of climate in tree rings / E. R. Cook, A. J. Johnson, T. J. Blasing // Tree physiol. 1987. № 3. P. 27–40

15. Fritts, H. C. Tree-rings and climate / H. C. Fritts. London ; New York ; San Francisco : Acad. Press, 1976.

16. Libes, D. TCL/TK-based Agents for Mail and News Notification-or-A Tale of Two Biffs / D. Libes. West Sussex, England : Software-Practice & Experience : John Wiley & Sons, 1998.

V. V. Shishov, V. A. Iljin, N. A. Petrova

INTERACTIVE INFORMATION SYSTEM OF DENDROCLIMATIC MONITORING

For the first time an interactive information dendroclimatic system (IIDS) for the Russian Federation is developed. IIDS includes renewed data base of dendroclimatic information based on SQL-technologies and applications united different software for dendroclimatic information adopted for different operational systems.

Keywords: interactive information system, TCL-technology.

УДК 621.391

М. Н. Фаворская

НАХОЖДЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ВИДЕООБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНЫХ 3D-СТРУКТУРНЫХ ТЕНЗОРОВ

Приведен анализ методов нахождения видеообъектов на основе пространственно-временного подхода. Введено понятие 3D-структурного тензора для эффективного определения локальной ориентации пространственно-временного движения. Построены подробные схемы этапов предсегментации сцены, пространственно-временной сегментации, постсегментации с дальнейшим распознаванием видеообъектов с применением локальных 3D-структурных тензоров.

Ключевые слова: пространственно-временная сегментация, 3D-структурный тензор, оценка движения.

Задача нахождения объектов из видеопоследовательностей с целью их дальнейшего распознавания и предсказания поведения востребована во многих приложений цифрового видео, таких как мультимедиа, виртуальная реальность, компьютерное зрение, искусственный интеллект. Существуют различные методы нахождения видеообъектов, которые объединяют сегментацию изображения (пространственные методы) и сегментацию на основе признаков движения (временные методы) с целью повышения точности нахождения этих объектов. Обычно подходы к сегментации видеообъектов классифицируются по трем категориям: методы, основанные на поиске регионов, методы, основанные на определении границ, и вероятностные методы [1–3].

Методы, основанные на поиске регионов, используют информацию о кластеризации или операциях расщепления и выращивания регионов в пространстве признаков. Такая информация обычно формируется из векторов движения и некоторых пространственных признаков: цветности, текстуры, взаимного расположения. Недостатками такого подхода являются проблемы появления, перекрытия и исчезновения регионов из кадра, а также низкая точность определения границ регионов.

Методы определения границ обычно используют угловые детекторы или активные контуры в сочетании с информацией о полях движения видеообъектов. Такие методы основаны на принципах когнитивной психологии, однако они имеют низкую помехоустойчивость, а активные контуры – еще и сильную зависимость от выбора начальных параметров.

Вероятностные методы для нахождения движущихся объектов используют байесовский подход, алгоритм максимизации-ожидания, минимизации расстояний в различных метрических пространствах.

Указанные подходы обладают высокой вычислительной сложностью, причем некоторые методы требуют предварительного задания количества объектов-регионов в качестве входного параметра, что ограничивает их использование на практике.

Примем, что рассматривается сложная сцена с движением нескольких объектов. Объекты могут двигаться с различной скоростью, ускорением, в разных направлениях и иметь различные локальные размеры. Изображение объекта $\mathbf{O}_i$ может включать набор регионов $\{R_j\}$, обладающих разделимыми цветовыми ColorParams(R_j) и текстурными TextureParams(R_j) показателями. Интерпретация регионов как единого объекта производится на основе анализа показателей движения MotionParams(R_j) и повторяемости поведения регионов (в простейшем случае это отслеживание траектории перемещений регионов). Поскольку методы определения цветовых и текстурных показателей достаточно хорошо изучены, остановимся на нахождении показателей движения.

Известны два основных метода оценки движения, используемых для временной сегментации: метод оптического потока и метод соответствия блоков. В обоих подходах информация о движении формируется путем обнаружения изменения интенсивности пикселей между последовательными кадрами. При этом метод оптического потока обеспечивает более точное нахождение границ регионов, так как он использует информацию на уровне пикселей и лучше выделяет регионы со сложной текстурой, имеющие большие значения градиентов.

Видеопоследовательность $I(\boldsymbol{x})$, представленную в виде набора кадров, где $\boldsymbol{x} = [x, y, t]^T$, здесь x и y – пространственные координаты пикселей кадра по осям OX и OY соответственно, t – временная координата, учитывающая последовательность появления кадров, можно интерпретировать как трехмерный объем данных. Известно, что 3D-структурный тензор $\boldsymbol{J}$ позволяет эффективно определять локальную ориентацию пространственно-временного движения видеообъектов и определяется следующим образом:

$$\boldsymbol{J}(\boldsymbol{x}) = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y & I_x I_t \\ I_y I_x & I_y^2 & I_y I_t \\ I_t I_x & I_t I_y & I_t^2 \end{bmatrix} = \nabla I(\boldsymbol{x}) \cdot \nabla I(\boldsymbol{x})^T,$$

где C – пространственно-временной градиент, вычисляемый по частным производным

$$\nabla I(\boldsymbol{x}) = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y}, \frac{\partial I}{\partial t} \right).$$

Собственные векторы $\boldsymbol{e}_k$ (k = 1, 2, 3) симметричной ковариационной матрицы $\boldsymbol{J}$ размером 3×3 можно определить по локальным смещениям интенсивностей изображений соседних кадров и использовать для оценки ло-

кальных ориентаций движущихся сегментов. При этом, в силу особенностей видеонаблюдения, собственные значения λ_k векторов $\boldsymbol{e}_k$ указывают на локальные отклонения яркости по трем направлениям и могут быть отсортированы в следующем порядке: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq 0$. Выражение $\nabla I(\boldsymbol{x}) \cdot \nabla I(\boldsymbol{x})^T$ можно рассматривать как корреляционную матрицу, составленную из векторов градиентов в пространственно-временном объеме. В соответствии с методом главных компонент собственные векторы корреляционной матрицы сортируются в порядке убывания. Первый собственный вектор, соответствующий наибольшему собственному значению, указывает направление наибольшего изменения данных. Отношение каждого собственного значения к сумме трех собственных значений характеризует концентрацию энергии по соответствующему направлению. Таким образом, собственные значения собственных векторов локального 3D-структурного тензора можно использовать для обнаружения локальных изменений в последовательности кадров. Наименьшее собственное значение можно использовать для определения различий в кадрах, оно является более устойчивым к шуму и низко контрастным объектам фона по сравнению с простейшим методом яркостной разницы кадров.

На основе собственных значений $\lambda_1(x, y, t)$, $\lambda_2(x, y, t)$, $\lambda_3(x, y, t)$ можно построить карты $\lambda_1(I)$, $\lambda_2(I)$, $\lambda_3(I)$ локального 3D-структурного тензора. При этом карта собственных значений $\lambda_1(I)$ фиксирует как движущиеся объекты, так и некоторые изолированные текстурные регионы фона, карта $\lambda_2(I)$ является менее информативной для сегментации, а карта $\lambda_3(I)$ генерирует небольшие разрывы внутри масок видеообъектов. Поэтому при обнаружении движения основное внимание следует уделять первому собственному вектору корреляционной матрицы $\lambda_1(I)$.

Рассмотрим процесс нахождения объектов из видеопоследовательностей, который представляет собой сложную совокупность действий, особенно если сцена имеет несколько разнонаправленных движущихся объектов, а начальные условия наблюдения отсутствуют. Целесообразно принять, что имеются три этапа получения, обработки пространственно-временной информации и принятия решения:

– первый этап – предварительный анализ сцены (предсегментация);

– второй этап – пространственно-временная сегментация сцены;

– третий этап – постсегментация (с учетом многоуровневого движения) и распознавание объектов интереса сцены.

Этап предсегментации предназначен для грубой оценки пространственно-временных характеристик сцены (рис. 1). Предлагается использовать не исходное изображение опорного кадра Fr_0, а преобразованный с помощью гауссовой пирамиды слой с малым разрешением, что позволяет снизить количество обрабатываемых пикселей в 2^K раз, где K – номер слоя пирамиды Гаусса, без значительной потери качества. Гауссова пирамида строится как для опорного кадра Fr_0, так и для последовательности кадров $Fr_1, Fr_2, \ldots, Fr_i$. Полученные таким образом изображения низкого разрешения обрабатываются для получения информации о предварительной пространственной сегментации сцены (вычисление признаков цветности, интенсивности, текстурных характеристик регионов и формирование гомогенных регионов) и предварительной временной сегментации (использование локальных 3D-структурных тензоров и вычисление коэффициентов корреляции между соседними кадрами).

Для грубого нахождения движущихся регионов целесообразно вычислять коэффициент R корреляции между кадрами, используя наименьшие собственные значения $\lambda_3(I_t)$ и $\lambda_3(I_{t+1})$ кадров Fr_t и Fr_{t+1} соответственно:

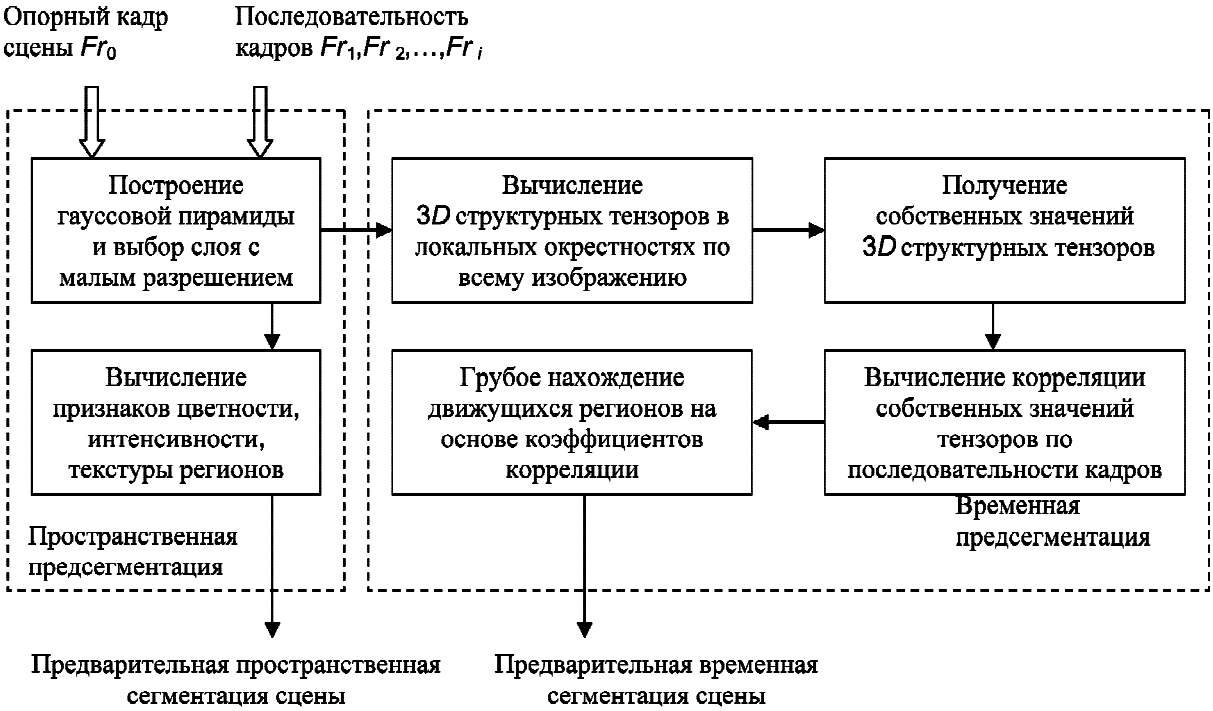


Рис. 1. Этап предварительного анализа сцены (предсегментация)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{N}(v_i \cdot u_i) - \left(\sum_{i=1}^{N} v_i \cdot \sum_{i=1}^{N} u_i\right)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N} v_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} v_i\right)^2\right)\left(\sum_{i=1}^{N} u_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} u_i\right)^2\right)}},$$

где $v_i \in \lambda_3(I_t)$ и $u_i \in \lambda_3(I_{t+1})$; N – общее количество пикселей в кадре.

Разброс коэффициентов корреляции кадров сцены позволяет оценить степень изменчивости формы движущихся объектов. Так, для мало изменяемых по форме объектов он будет значительно меньше, чем для объектов, характеризующихся значительными изменениями их положений в пространстве. Величину такого разброса можно вычислить, используя стандартную формулу среднеквадратического отклонения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n}\left(R_i - \overline{R}\right)^2},$$

где n – количество кадров в сцене; $\overline{R}$ – среднее значение величин R_i. Если значение величины S превышает установленное пороговое значение, то считается, что видеообъект претерпевает значительные геометрические изменения. В этом случае процедура сегментации усложняется.

На этапе пространственно-временной сегментации сцены (рис. 2) анализируется полное изображение с уче-

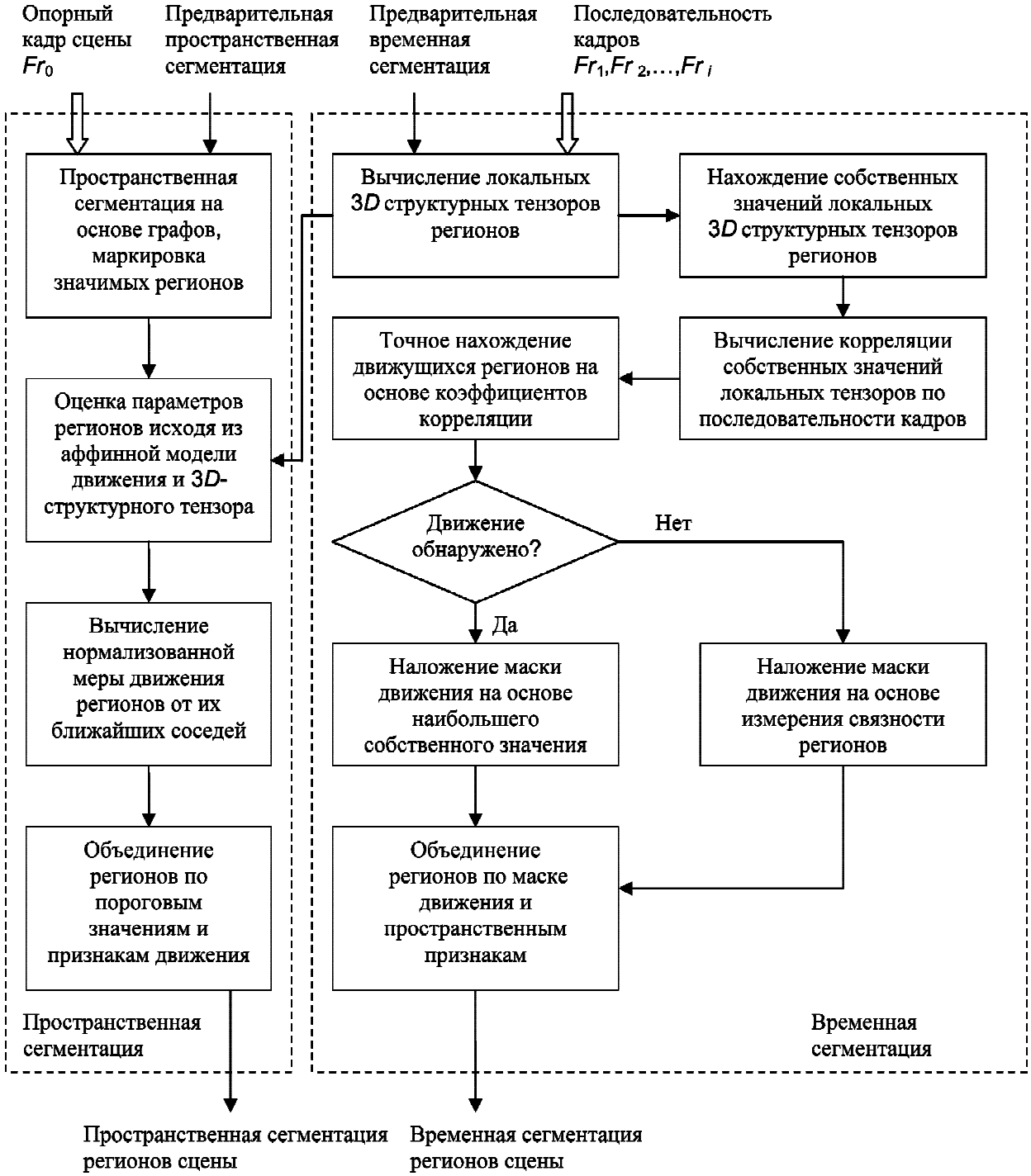


Рис. 2. Этап пространственно-временной сегментации сцены

том информации о регионах, полученной на этапе предсегментации. Можно предложить несколько стратегий сегментации в зависимости от дальнейших целей распознавания. Если обработка и распознавание должны происходить в реальном режиме времени и, например, поставлена цель слежения за движущимися объектами, то схему, приведенную на рис. 2, целесообразно применять не ко всем регионам, выявленным на этапе предсегментации, а только к тем, у которых имеются признаки движения. Если поставлена цель распознавания сцены с неизвестным заранее сюжетом, то следует воспользоваться принципами человеческого визуального восприятия: анализом больших по размерам статистически однородных регионов и движущихся регионов с последующим анализом более мелких деталей изображения. Если же происходит поиск какого-либо неподвижного объекта в видеобиблиотеках, то основное значение приобретает пространственная сегментация. Остановимся более подробно на анализе движения регионов.

Для классификации полей движения недеформируемых по геометрическим параметрам и деформируемых регионов можно ввести меры сглаженности, вычисляемые с помощью трех собственных значений $\lambda_k(I)$ регионов. Если все три собственных значения равны нулю (ранг матрицы rang($\boldsymbol{J}$) = 0), то перемещения по трем осям (x, y, t) отсутствуют, т. е. регион неподвижен. Если $\lambda_1(I) > 0$ и $\lambda_2(I) = \lambda_3(I) = 0$, то rang($\boldsymbol{J}$) = 1, что говорит о наличии изменений интенсивностей в нормальном направлении, т. е. о движении линии. Если $\lambda_1(I) > 0$, $\lambda_2(I) > 0$ и $\lambda_3(I) = 0$, то rang($\boldsymbol{J}$) = 2 и наблюдается движение с постоянной скоростью в двух направлениях пространственно-временной структуры, т. е. движение точки. В этом случае оценить параметры движения возможно. Если же все три собственных значения больше нуля, то rang($\boldsymbol{J}$) = 3. Это означает, что локальная зона находится на границе двух полей движения и оценить параметры движения невозможно.

Однако показатель ранга матрицы $\boldsymbol{J}$ нельзя напрямую применить для оценки различных типов движения, поскольку он не является нормализованной мерой для оценки поступательного, вращательного или возвратно-поступательного движения. Следует использовать понятие «мера сглаженности», на основе которого и строятся маски обнаружения движения.

Собственные значения 3D-структурных тензоров можно использовать для нахождения локальных движущихся структур, таких как границы, углы, статистически однородные регионы и т. д. В работе [4] предложены следующие выражения для определения меры сглаженности недеформируемого региона:

$$C_t = ((l_1(I) - l_3(I))/(l_1(I) + l_3(I)))^2,$$

границ деформируемого региона

$$C_s = ((l_1(I) - l_2(I))/(l_1(I) + l_2(I)))^2,$$

угловых точек деформируемого региона

$$C_C = C_t - C_s =$$

$$= \frac{4\lambda_1(I)\left(\lambda_2(I) - \lambda_3(I)\right)\left(\left(\lambda_1(I)\right)^2 - \lambda_2(I)\lambda_3(I)\right)}{\left(\lambda_1(I) + \lambda_3(I)\right)^2\left(\lambda_1(I) + \lambda_2(I)\right)^2}.$$

Как правило, в реальной сцене найденные объекты группируются по уровням движения. В общем случае необходимо отнести объект к тому или иному уровню движения в зависимости от локальных размеров регионов объекта, значений модулей скорости и ускорения и гипотез, хранящихся в базе знаний.

Обычно в сцене имеется несколько движущихся объектов. Если для сегментации регионов достаточно ввести одно пороговое значение, то к классификации многоуровневого движения следует отнестись более тщательно, учитывая не только модули значений скорости и ускорений, но и направления движений, тем самым группируя регионы по уровням движений (рис. 3). Простейшим способом является метод попиксельного вычитания кадров $D(N)$ с применением лапласиана и сравнением с заранее выбранными пороговыми значениями. При этом возможные ошибки не влияют на окончательную сегментацию, поскольку этот метод используется только для выбора масок движения.

Маски движения необходимы для устранения небольших перемещений объектов фона. Они определяются как процентное соотношение площадей движущихся регионов по методу вычитания кадров M_{fr} с использованием собственных значений локальных 3D-структурных тензоров для недеформируемых M_{eigen} и деформируемых M_{corner} регионов соответственно:

$$R_{\text{c}} = \frac{M_{\text{fr}}}{M_{\text{eigen}}} 100\ \%,$$

$$R_{\text{c}} = \frac{M_{\text{fr}}}{M_{\text{corner}}} 100\ \%.$$

Как показали эксперименты, после применения масок движения границы движущихся объектов остаются нечеткими, а внутри изображений видеообъектов имеются разрывы. Устранить эти недостатки можно с привлечением результатов пространственной сегментации. Каждый пространственный регион маркируется, и находится процентное отношение площадей движущихся регионов M_{move} и пространственных регионов M_{seg}:

$$R_m = \frac{M_{\text{move}}}{M_{\text{seg}}} 100\ \%.$$

Если значение R_m превышает заранее установленное пороговое значение (например, 50 %), то весь пространственный регион M_{seg} считается движущимся регионом. Однако сложные видеообъекты, как правило, состоят из нескольких движущихся регионов. В условиях отсутствия априорной информации формирование видеообъекта можно осуществлять только с использованием характеристик движения соседних регионов.

Известны два подхода к объединению регионов: непараметрический и параметрический. Непараметрический подход, основанный на слиянии границ, нельзя использовать совместно с полями движения, так как для неоднородных полей движения трудно определить точные границы. Более целесообразен параметрический подход, основанный на объединении регионов по функции минимизации энергии или по моделям движения в плоских проекциях аффинной или проективной групп. Задача ставится таким образом, чтобы, используя характеристики локальных 3D-структурных тензоров и параметров аффинной модели движения, можно было бы оценить расстояние между двумя соседними регионами.

Два региона объединяются, если вычисленное расстояние является достаточно малым, чтобы воспринимать объединенный регион как единый объект. Аффинная модель движения содержит шесть параметров:

$$v_x(x, y) = ax + by + c,$$

$$v_y(x, y) = dx + ey + f,$$

где v_x и v_y – проекции скорости $\boldsymbol{v}$ на оси OX и OY соответственно; a, b, c, d, e, f – параметры аффинной модели. Тогда проективная модель описывается восемью параметрами:

$$v_x(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y + a_7x^2 + a_8xy,$$

$$v_y(x, y) = a_4 + a_5x + a_6y + a_7xy + a_8y^2.$$

Для дальнейших рассуждений будем пользоваться более простой аффинной моделью движения. Вектор скорости на плоскости расширим до 3D-направленного вектора $\boldsymbol{v}$ с учетом временной составляющей [4]:

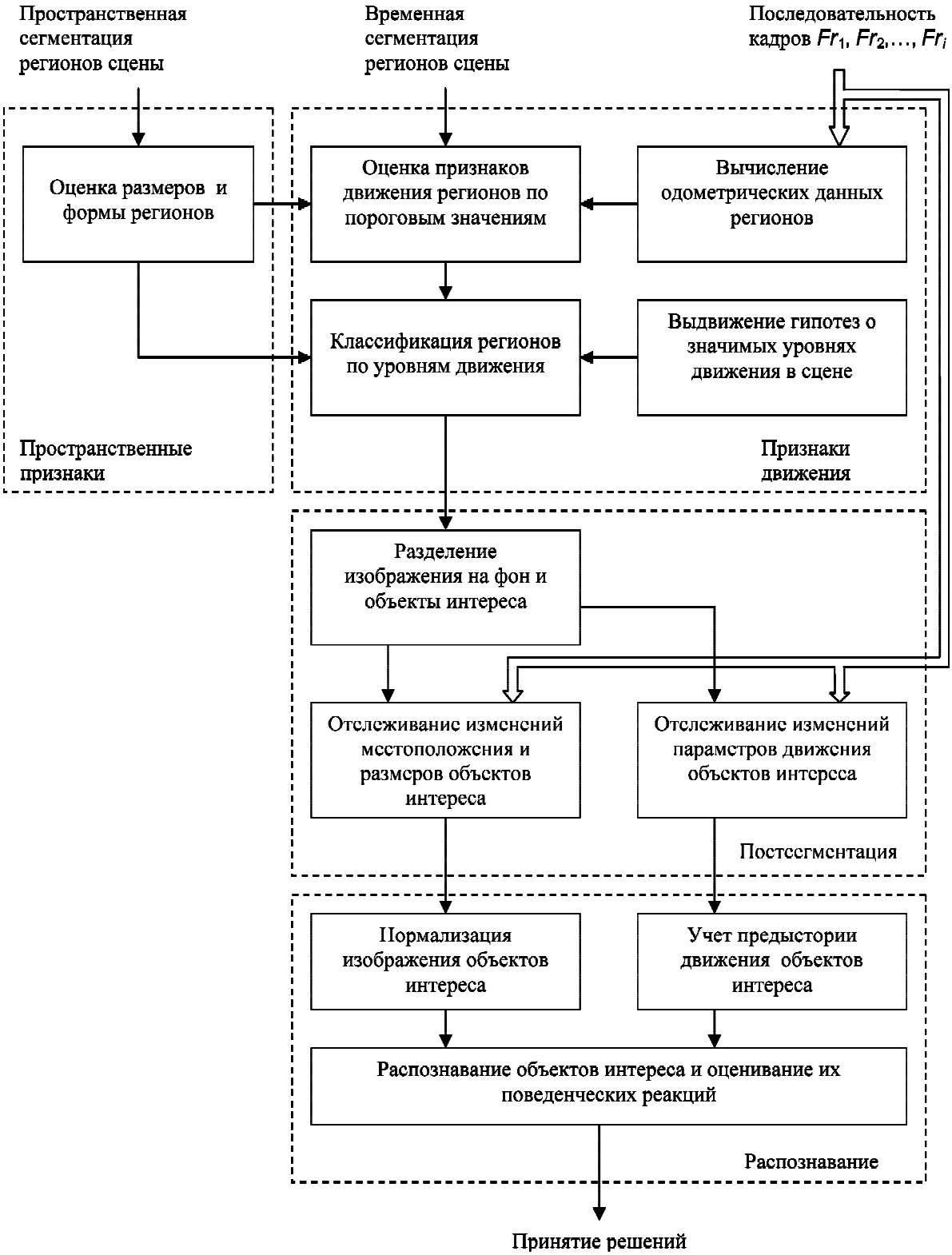


Рис. 3. Этап постсегментации (с учетом многоуровневого движения) и распознавания объектов интереса сцены

$$\boldsymbol{v} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ 1 \end{bmatrix} = \boldsymbol{Sp}.$$

Для объединения регионов используем функции расстояний трех видов:

$$d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i) = \boldsymbol{v}_i^T \boldsymbol{J}_i \boldsymbol{v}_i,$$

$$d_2(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i) = \frac{d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i)}{|\boldsymbol{v}_i|^2},$$

$$d_3(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i) = \frac{d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i)}{|\boldsymbol{v}_i|^2 \, tr(\boldsymbol{J}_i)}.$$

Выразим расстояние $d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i)$ следующим образом:

$$d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i) = \boldsymbol{v}_i^T \boldsymbol{J}_i \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{p}^T \boldsymbol{S}_i^T \boldsymbol{J}_i \boldsymbol{S}_i \boldsymbol{p} = \boldsymbol{p}^T \boldsymbol{Q}_i \boldsymbol{p},$$

где $\boldsymbol{Q}_i = \boldsymbol{S}_i^T \boldsymbol{J}_i \boldsymbol{S}_i$ – положительно определенная матрица. Сумма расстояний внутри заданного пространственного сегмента, содержащего N пикселей, определяется как

$$d_{\text{seg}}(\boldsymbol{P}) = \sum_{i=1}^{N} d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i) = \boldsymbol{p}^T \left(\sum_{i=1}^{N} \boldsymbol{Q}_i \right) \times$$

$$\times \boldsymbol{p} = \boldsymbol{p}^T \boldsymbol{Q}_{\text{seg}} \boldsymbol{p}.$$

Поскольку величина $\boldsymbol{Q}_i$ при расчете расстояния $d_1(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i)$ более критична к большим скоростям, чем к малым, то можно использовать нормированное расстояние $d_3(\boldsymbol{v}_i, \boldsymbol{J}_i)$.

После проведения процесса постсегментации в течение нескольких последовательных кадров видеопоследовательности можно приступать к нормализации изображения объекта (приведению к эталонному виду) и формированию гипотез о поведении объекта с целью его распознавания с использованием стандартных методов кластеризации.

Таким образом, в данной статье кратко рассмотрены существующие подходы к сегментации видеообъектов, которые классифицируются по трем категориям: методы, основанные на поиске регионов, методы, основанные на определении границ, и вероятностные методы. Показано, что при сегментации сложной сцены с многоуровневыми полями движения регионов целесообразен пространственно-временной подход с применением локальных 3D-структурных тензоров. Введено понятие меры сглаженности для деформируемых регионов, для границ и угловых точек недеформируемых регионов на основе собственных значений 3D-тензора. Построены подробные структурные схемы этапов предсегментации, пространственно-временной сегментации и постсегментации сложных сцен, характеризующихся аффинной моделью движения. Введены три функции расстояний на базе локальных структурных тензоров с целью объединения регионов в видеообъект и разделения видеообъектов сцены по уровням движения.

Библиографический список

1. Bresson, X. A Variational Model for Object Segmentation Using Boundary Information and Shape Prior Driven by the Mumford-Shah Functional / X. Bresson, P. Vandergheynst, J.-P. Thiran // Intern. J. of Computer Vision. 2006. Vol. 68, № 2. P. 145–162.

2. Cavallaro, A. Shadow-aware object-based video processing / A. Cavallaro, E. Salvador, T. Ebrahimi // IEEE Vision, Image and Signal Proc. 2005. Vol. 152, Iss. 4. P. 14–22.

3. Thirde, D. Spatio-Temporal Semantic Object Segmentation using Probabilistic Sub-Object Regions / D. Thirde, G. Jones, J. Flack // British Machine Vision Conf. Norwich, UK, 2003. P. 163–172.

4. Wang, H.-Y. Spatio-Temporal Video Object Segmentation via Scale-Adaptive 3D Structure Tensor / H.-Y. Wang, K.-K. Ma // EURASIP : J. on Applied Signal Proc. 2004. Vol. 6. P. 798–813.

M. N. Favorskaya

DETECTION OF MOVING VIDEO OBJECTS BASED ON LOCAL 3D-STRUCTURE TENSORS

The analysis of video objects detection based on spatio-temporal approach is given. It covers the term of 3D-structure tensor for effective definition of spatio-temporal motion local orientation. The detailed schemes of pre-segmentation, spatio-temporal segmentation, and post-segmentation with further video objects recognition using local 3D-structure tensors are built.

Keywords: spatio-temporal segmentation, 3D-structure tensor, moving estimation.

УДК 681.3

Н. А. Калинина

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТАКУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Представлена обучающая система настройки сетевой безопасности на основе моделирования атакующих воздействий и средств защиты с помощью иерархических сетей Петри. Рассмотрены особенности такого моделирования с учетом уязвимостей программного обеспечения.

Ключевые слова: иерархическая сеть Петри, моделирование, обучающая система.

Организация системы защиты локальной компьютерной сети является сложной задачей, в которой приходится учитывать большое количество параметров. Влияние этих параметров нередко взаимно противоположно, а часто неопределенно и плохо предсказуемо. Такое положение объясняется тем, что нужно организовать защиту не сети как таковой, а сети со всеми функционирующими внутри нее информационными системами, которые содержат огромное множество компонентов. Обычна ситуация, когда на различных сетевых узлах установлены разные операционные системы (ОС) (иногда две или несколько ОС одновременно), жесткие диски имеют разные файловые системы, состав категорий пользователей и их права на использование ресурсов компьютера различны и, наконец, программное обеспечение в высшей степени разнообразно. А поскольку все эти факторы влияют на возможность реализации конкретных атак, построение системы защиты, учитывающей их в полной мере, является весьма трудоемкой задачей.

В такой ситуации может быть полезна система, способная моделировать процесс атакующих воздействий в зависимости от наличия или отсутствия всех перечисленных (а также неперечисленных) факторов. В Сибирском государственном технологическом университете (СибГТУ) разработана обучающая программная система, моделирующая этот процесс на основе использования иерархических сетей Петри.

Процесс моделирования атак с помощью сетей Петри рассматривался в нескольких работах зарубежных авторов [1–3].

Так, Дж. П. Дермотт [1] предложил моделирование сетевых атак сетями Петри, в которых позиции представляют собой состояния, важные для безопасности системы. Переходы в этих сетях – это события, команды или данные, которые могут быть важными для изменения состояния системы в отношении безопасности. Фишки в такой сети Петри переходят от позиции к позиции, показывая развитие атаки. При данном способе моделирования этапы атаки представлены разными позициями, подобно вершинам в дереве атак. Этот способ моделирования хорошо показывает процесс развития атаки с помощью положения фишек, однако созданная с его помощью модель не поддерживает представление мер защиты против атак. Кроме того, совершенно не ясно, как эта модель может способствовать получению требований к безопасности или как архитектура системы влияет на безопасность.

В работе [2] рассмотрено моделирование атак с помощью цветных сетей Петри (*Colored Petri Net*, CPN). Такая модель является достаточно гибкой для моделирования сетевых вторжений из Интернета, включая статические и динамические аспекты атаки. В этой работе представлены процедуры и методы построения модели на сети CPN, исходя из дерева атак. Чтобы оценить возможный ущерб от вторжения, в полученную модель введены стоимостные оценки. Также показано, как можно использовать ее для моделирования методов защиты.

В работе О. Дахла и С. Волтусена [3] предложен механизм для имитационного моделирования сложных многостадийных и многоагентных уязвимостей в сетевых и распределенных системах, основанный на стохастических и спланированных по времени CPN. Авторы использовали модель гипотетических изъянов (FHM) для создания теста на проникновение (*penetration test*) в информационную систему на базе использования CPN.

Однако ни в одной из этих работ не было попыток связать возможность проведения атаки со свойствами компонентов информационных систем, настройками систем защиты (например, правилами фильтрации межсетевых экранов) и создать обучающую систему такого типа. Система имитационного моделирования атакующих воздействий, разработанная в СибГТУ, является обучающей системой, которая позволяет учесть не только настройки информационной системы, но и уязвимости установленного программного обеспечения.

Реальный процесс возникновения и развития атакующего воздействия на сеть является вероятностным в нескольких аспектах: во-первых, вероятностным событием является само возникновение нарушителя (он может появиться или не появиться в случайный момет времени); во-вторых, случайной величиной будет возможная квалификация нарушителя, которая является очень важным параметром для реализации атаки; в-третьих, при наличии всех необходимых условий успешная реализация атаки – тоже процесс, реализуемый с определенной вероятностью, а не строго детерминированный. Поэтому сеть Петри, моделирующая эти процессы, будет сетью со случайными срабатываниями переходов.

Квалификация нарушителя является параметром, имеющим большое значение для дальнейшей реализации атак, поскольку эта квалификация определяет, какие виды атак доступны нарушителю. Возможные значения квалификации, аналогично общепринятой градации [4], назначим следующими: высокая, средняя и низкая. Нарушителю с высокой квалификацией доступны все виды атак, нарушителю со средней квалификацией – атаки, требующие средней или низкой квалификации, наруши-

телю с низкой квалификацией – только атаки, требующие низкой квалификации.

Когда степень квалификации определена, возможны два варианта проведения атаки: предпринята либо успешна, либо неуспешная атака (даже при наличии всех условий для ее проведения неуспех атаки может определяться субъективными или неучтенными факторами). В обоих случаях после этого нарушитель может либо прекратить деятельность, либо продолжить ее (квалификация при этом не изменяется). Переход, соответствующий успешной атаке, является составным переходом, внутри которого функционирует сеть Петри, соответствующая выбранной атаке.

Рассмотрим иерархическую сеть Петри со случайными срабатываниями переходов, дающую один из возможных вариантов представления описанной выше модели (рис. 1).

Обозначим позиции буквами PL, переходы – буквами T, вероятности срабатывания переходов – буквами P. Прямоугольниками покажем составные переходы, внутри которых будет присутствовать сеть Петри, моделирующая конкретную атаку. При этом набор моделей, которые могут появиться внутри составного перехода, определяется уровнем квалификации нарушителя. Таким образом, набор моделей в составном переходе T6 является подмножеством множества моделей T5, а набор моделей в составном переходе T5 – подмножеством множества моделей T4.

Позиции и переходы на рис. 1 имеют следующий смысл:

– PL1 – появление нарушителя;

– PL2 – нарушитель обладает высокой квалификацией;

– PL3 – нарушитель обладает средней квалификацией;

– PL4 – нарушитель обладает низкой квалификацией;

– PL5, PL7, PL9 – атака, требующая соответственно высокой, средней или низкой квалификации, реализована;

– PL6, PL8, PL10 – атака, требующая соответственно высокой, средней или низкой квалификации, не реализована;

– PL11 – нарушитель прекратил атакующую деятельность;

– T1, T2, T3 – определение квалификации нарушителя (соответственно высокой, средней, низкой);

– T4, T5, T6 – составные переходы, внутри которых находится сеть Петри, реализующая успешную попытку конкретной атаки;

– T7, T9, T11 – неуспешная попытка реализации атаки;

– T8, T10, T12, T17, T19, T21 – принятие решения о продолжении атакующей деятельности;

– T13, T14, T15, T18, T20, T22 – принятие решения о прекращении атакующей деятельности.

Вероятности срабатываний переходов P1, P2, P3, соответствующие переходам T1, T2, T3, определяют вероятность появления нарушителя с высокой, средней и низкой квалификацией. Этот параметр является в системе настраиваемым и может принимать любые значения (при

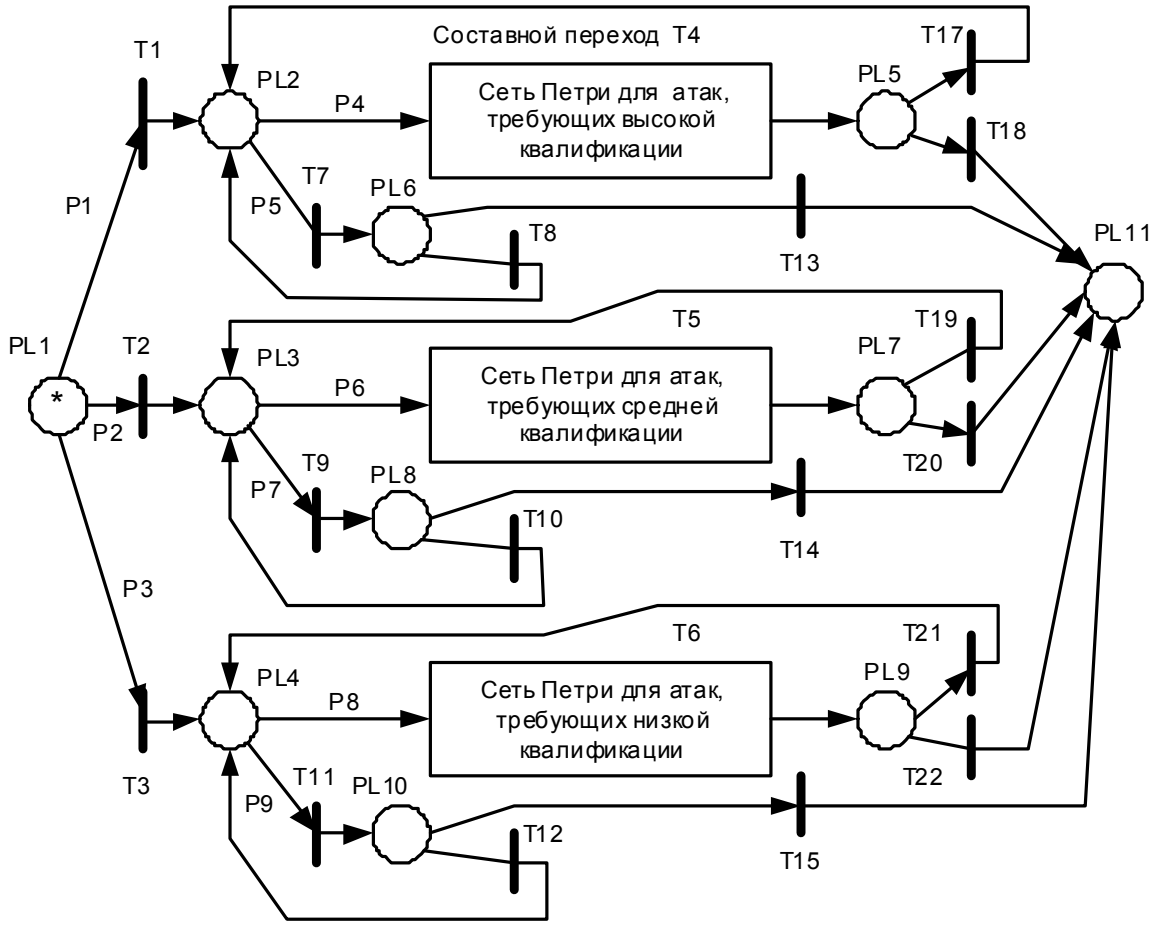


Рис. 1. Иерархическая сеть Петри, моделирующая общую схему атакующего воздействия (обозначения см. в тексте)

условии, что P1 + P2 + P3 = 1). Вероятности переходов P4, P6, P8 определяют вероятность успешного проведения атаки, вероятности P5, P7, P9 – вероятность неудачи при реализации атаки (при этом P4 + P5 = 1, P6 + P7 = 1, P8 + P9 = 1). Эти вероятности являются результатом экспертных оценок специалистов и для известных типов атак приводятся в соответствующих базах данных [5; 6]. Попытка определения того, какая атака будет предпринята нарушителем, находится случайным образом генератором случайных чисел, делающим выбор из совокупности имеющихся моделей атак. Вероятность принятия решения о прекращении нарушителем деятельности может в общем случае определяться множеством разных вариантов. В предварительной версии системы предполагается, что нарушитель ведет атакующую деятельность до полной компрометации сети.

Рассматриваемая в данной статье система имитационного моделирования атакующих воздействий может помочь в определении конфигурации сети, операционных систем и программного обеспечения (ПО), минимизирующих риск реализации атаки. Однако для работы в условиях реального функционирования сети необходима разработка полной базы данных сетей Петри по отдельным видам атак. Создание такой базы в полном объеме и ее поддержка в актуальном состоянии является весьма трудоемкой задачей, требующей к тому же непрерывного сопровождения. Однако в целях обучения навыкам правильного конфигурирования сетевых компонентов может быть использована неполная база данных.

На основе подобной базы в СибГТУ была создана обучающая система, которая позволяет приобретать практические навыки конфигурирования сети, минимизирующего риск компрометации сетевых узлов от различного вида атак. При срабатывании составного перехода в этой системе случайным образом выбирается вид атаки из имеющейся базы данных. Каждому виду атак соответствует конкретная сеть Петри, которая моделирует условия, необходимые для ее выполнения, и сам процесс ее реализации. Пример такой сети, моделирующей атаку типа SQL Injection, приведен ниже (рис. 2).

Сети Петри для конкретных атак не имеют целью показать продвижение нарушителя по хостам сети или отдельные этапы выполнения атаки. В данном случае их цель состоит в том, чтобы показать совокупность условий, необходимых для успешного проведения атаки. Если эти условия существуют, то атака не обязательно будет успешной. Но если их нет, то атака не может быть проведена в принципе.

В сети Петри (см. рис. 2) позиции и переходы имеют следующий смысл:

– P1 – наличие открытого порта для работы по протоколу HTTP (чаще всего это 80-й порт);

– P2 – наличие веб-сервера в составе ПО (тип хоста – веб-сервер);

– P3 – наличие СУБД в составе ПО;

–P4 – наличие в ПО уязвимости, позволяющей реализовать данную атаку;

– P5 – появление нарушителя;

– P6 – SQL-инъекция реализована;

– P7 – модификация данных СУБД;

– P8 – похищение информации;

– P9 – запуск вредоносного кода;

– P10 – расширение привилегий атакующего;

– T1 – открытие порта для работы по протоколу HTTP в межсетевом экране;

– T2 – включение веб-сервера в состав ПО (выбор типа хоста – веб-сервер);

– T3 – включение СУБД в состав ПО;

– T4 – выбор в качестве веб-сервера ПО, имеющего уязвимость к данной атаке;

– T5 – появление нарушителя необходимой квалификации;

– T6 – атака выполняется;

– T7 – нарушитель производит модификацию данных СУБД;

– T8 – нарушитель производит похищение информации;

– T9 – нарушитель производит запуск вредоносного кода;

– T10 – нарушитель производит расширение своих привилегий;

– T11 – атака завершается.

Наличие в ПО уязвимости, позволяющей реализовать данную атаку, зависит от установленного на сетевом узле программного обеспечения. Например, популярный веб-сервер Apach HTTP Server v.2.x имеет уязвимости CVE-2008-2384 и CVE-2007-6342, которые позволяют реализовать атаку SQL Injection. Это значит, что при наличии всех

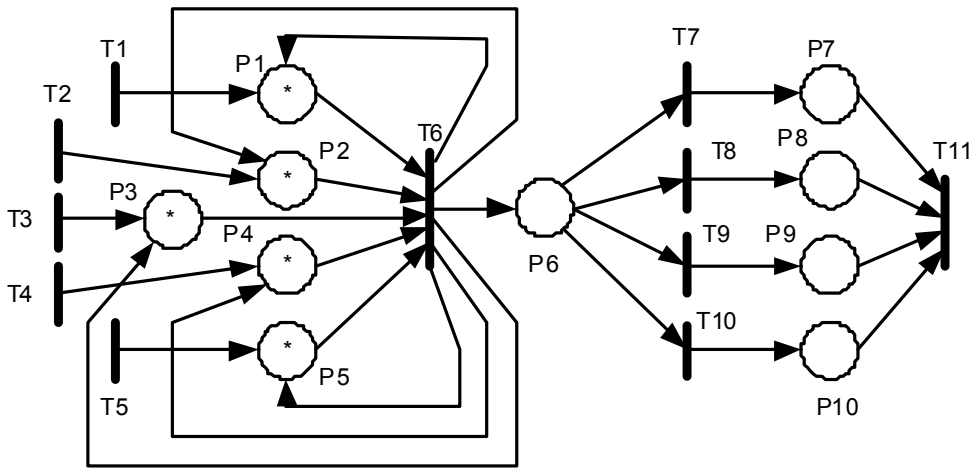


Рис. 2. Сеть Петри, моделирующая атаку SQL Injection (обозначения см. в тексте)

остальных условий установка Apach HTTP Server v.2.x приведет к возможности реализации такой атаки.

База данных моделей атак в рассматриваемой системе частично составлена в соответствии с известной общедоступной базой данных CAPEC (*Common Attack Pattern Enumeration and Classification*) [4], частично – по другим источникам [6; 7]. Кроме сети Петри, описывающей модель атаки, атака включает следующие реквизиты:

– список портов (сетевых протоколов), которые должны быть открыты для реализации атаки;

– степень опасности атаки для сетевого узла;

– типовую вероятность выполнения атаки;

– степень квалификации нападающего, необходимую для выполнения атаки;

– перечень возможных результатов атаки;

– краткое описание атаки.

Внешней оболочкой для процесса моделирования атакующего воздействия является эмуляция сегмента корпоративной сети. При эмуляции учитываются следующие параметры:

– конфигурация сегмента сети, которая учитывается наличие межсетевых экранов и правила фильтрации сетевого трафика, наличие и количество демилитаризованных зон (DMZ);

– тип сетевого узла (рабочая станция, веб-сервер, FTP-сервер, файловый сервер и т. п.);

– вид операционной системы сетевого узла;

– количество разделов жесткого диска и вид файловой системы на каждом разделе;

– права доступа пользователей к каждому разделу;

– программное обеспечение, установленное на сетевом узле.

Каждый из этих параметров оказывает свое влияние на защищенность сети, и в зависимости от их сочетания каждая конкретная атака может быть либо реализована, либо не реализована.

Например, установка конкретного программного обеспечения приводит к наличию уязвимостей, свойственных данной программе, и позволяет осуществить атаку определенного типа. Это связано с тем, что каждая операционная система имеет свой набор уязвимостей и каждая файловая система в свою очередь тоже влияет на этот процесс, поскольку некоторые уязвимости (а следовательно, и атаки) возможны только на определенных файловых системах. Например, реализация файловой системы NTFS в Linux kernel v.2.6.x позволяет нарушителю произвести DoS-атаку при использовании функции _find_get_block_slow.

Учет влияния уязвимостей программного обеспечения на возможность реализации атак приводит к необходимости ведения базы данных уязвимостей каждого программного продукта (рис. 3) и каждой операционной системы. В общем случае это весьма трудоемкая и дорогостоящая процедура, которая финансируется либо государственными структурами развитых стран, либо крупными компаниями. Однако для учебных целей возможно ведение выборочной, неполной базы уязвимостей, что и сделано в представленной обучающей системе (рис. 4).

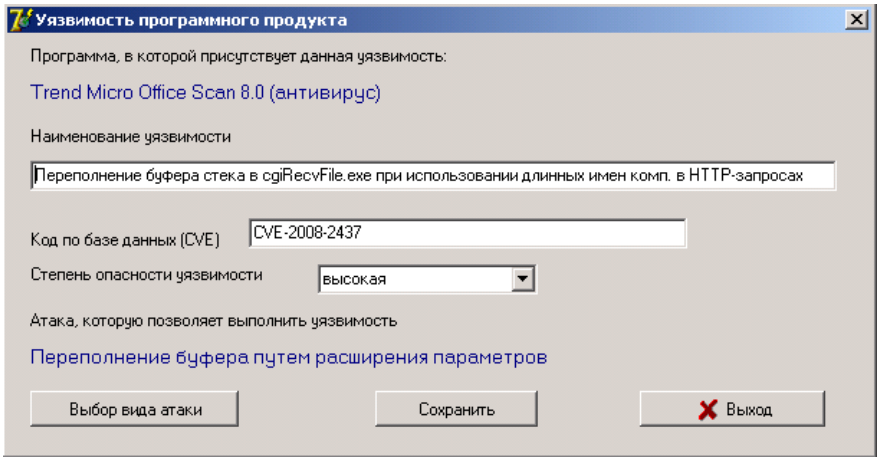


Рис. 3. Вид описания уязвимости CVE-2008-2437

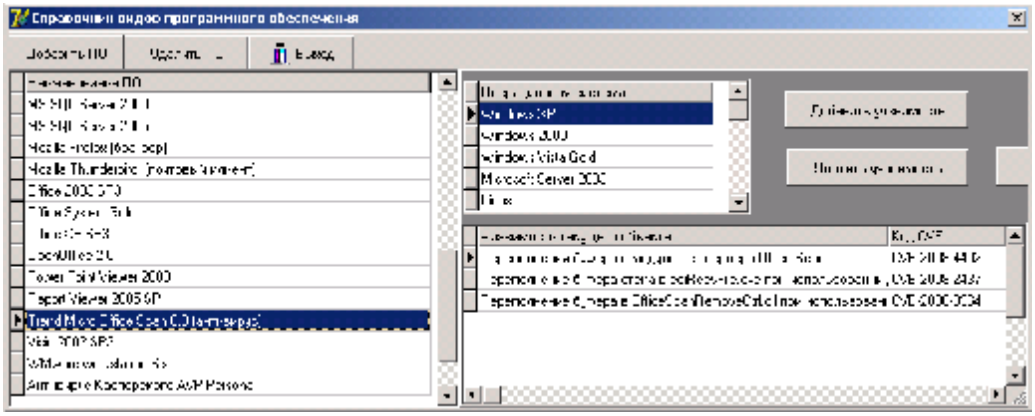


Рис. 4. Режим справочника видов программного обеспечения

Попытка реализации каждой проводимой атаки анализируется системой на каждом конкретном сетевом узле отдельно, поскольку каждый сетевой узел имеет свой набор условий, влияющих на возможность проведения атаки. Прежде всего анализируется квалификация нарушителя, предпринявшего атаку. В базе данных моделей атак использованы оценки этой квалификации, взятые из известной базы данных CAPEC [4]. Если квалификация достаточна, то далее проводится анализ всех условий, необходимых для проведения атаки. При анализе этих условий используется сеть Петри, моделирующая атаку. При отсутствии условий атака считается нереализованной. При наличии всех условий моделируется случайный процесс, с заданной для этой атаки вероятностью приводящий к ее реализации либо нереализации.

Кроме моделирования процесса реализации атаки на конкретном хосте, большой практический интерес представляет моделирование процесса распространения атаки по сети. Этот процесс может быть смоделирован только на имеющейся модели конкретной сети с конкретной топологией сетевых узлов. Поскольку в описанной выше обучающей системе выполняется эмуляция сегмента сети, то такое моделирование также может быть проведено. В реальной локальной сети, как правило, существует только одна точка входа из внешней сети, и в этом случае графическим выражением процесса может быть ориентированное дерево, корнем которого будет точка входа в сеть, вершинами – сетевые узлы, а дугами – сетевые соединения с указанием направления атаки. Возможны два варианта моделирования: первый (упрощенный) – при условии, что скомпрометированный хост (хост, на котором успешно реализована атака) больше не подвергается атакам, второй – при условии, что атаки производятся на все хосты независимо от наличия успешно проведенных атак. Во втором случае граф становится мультиграфом, поскольку он может иметь неограниченную кратность дуг. Однако в рассматриваемой нами системе принят первый вариант.

Распространение атаки в любом варианте может быть произведено только с уже взломанного хоста. В ходе моделирования процесса атакующих воздействий этот результат графически выводится на экран. Кроме того, в процессе работы системы формирует три протокола: протокол появления нарушителей, протокол вредоносной активности каждого нарушителя (рис. 5) и протокол компрометации сетевых узлов.

Представленная в данной статье система имитационного моделирования атакующих воздействий и средств защиты может быть полезна в практических занятиях по информационной безопасности при обучении студентов по специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем».

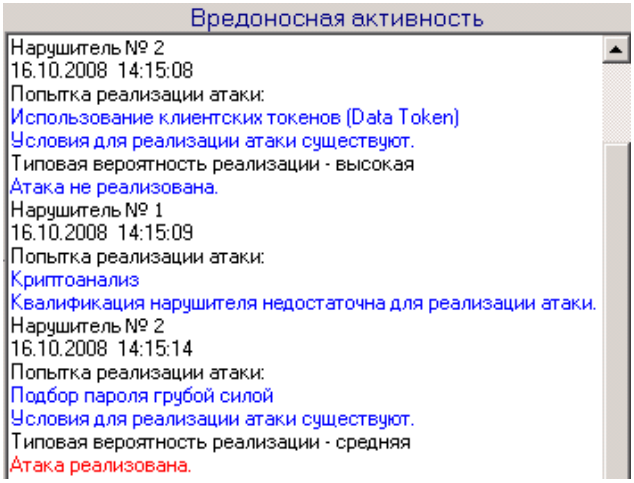


Рис. 5. Фрагмент протокола вредоносной активности

Библиографический список

1. McDermott, J. P. Attack Net Penetration Testing / J. P. McDermott // Proc. of the 2000 Workshop on New Security Paradigm. New York : ACM Press, 2000. P. 15–21.

2. Colored Petri Net Based Attack Modeling / Shijie Zhou, Zhiguang Qin, Feng Zhang et al. // Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular Computing : Proc. of the 9th Intern. Conf. Chongqing, China, 2003. P. 715–718.

3. Modeling and Execution of Complex Attack Scenarios using Interval Timed Colored Petri Nets / O. M. Dahl, S. D. Wolthusen // Proc. of the 4th IEEE Intern. Inform. Workshop. Royal Holloway, UK, 2006. P. 157–168.

4. Common Attack Pattern Enumeration and Classification [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://capec.mitre.org/data/dictionary.html. Title from display.

5. Common Vulnerabilities and Exposures [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://Cve.mitre.org. Title from display.

6. National Vulnerability Database [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://Nvd.nist.gov. Title from display.

7. Низамутдинов, М. Ф. Тактика защиты и нападения на web-приложения / М. Ф. Низамутдинов. СПб. : БХВ-Петербург, 2005.

N. A. Kalinina

ATTACK MODELING OF NETWORK SECURITY BY MEANS OF PETRI NETS

It covers instruction system of network security setting on the basis of attack modeling and network security settings by means of hierarchical Petri Nets. It covers modeling features taking into consideration program vulnerabilities.

Keywords: hierarchical Petri Net, modeling, instruction system.

УДК 519.63

М. С. Вдовенко, Г. А. Доррер

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Проведен анализ различных способов декомпозиции сеточной области при численном моделировании динамики распространения лесного пожара. Приведены данные предварительного теоретического анализа ускорения вычислений, а также вычислительного эксперимента, выполненного на кластере Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Показано, что наиболее эффективным при использовании, по крайней мере, четырех–шестнадцати процессоров является двумерное разбиение исходной области.

Ключевые слова: параллельный алгоритм, моделирование лесных пожаров, эффективность.

Известно негативное влияние природных пожаров на состояние окружающей среды. Так, одной из причин эффекта глобального потепления климата считают выбросы CO_2 и других многочисленных газов, возникающих в результате пожаров [1–3]. Помимо влияния на климат Земли, лесные пожары наносят ущерб лесному фонду, а также способствуют возникновению таких катастроф, как большая задымленность больших городских территорий (например, в Москве в 2002 г.) или массовые городские пожары (например, в Лос-Аламосе (США) в 2002 г.).

Содержательный обзор исследований по проблеме моделирования процессов горения при лесных пожарах дан в работе [4]. Большой вклад в разрешение этой проблемы внесли Н. П. Курбатский, Э. Н. Валендик, М. А. Софронов, А. М. Гришин, Г. Н. Коровин, Р. Ротхермел, М. Е. Александер и другие ученые.

Разработка математических моделей распространения пожара позволяет предсказать его поведение, что может способствовать более эффективному проведению противопожарных мероприятий. Однако ключевой проблемой при этом является необходимость сбора большого количества информации об условиях горения и противопожарных мероприятиях. В последнее время в связи с разработкой и вводом в эксплуатацию Информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ-Рослесхоз» [5], основанной на использовании спутниковой информации о пожарной обстановке в лесах, сложились благоприятные условия для создания систем моделирования и прогнозирования лесных пожаров на всей территории Российской Федерации.

Следует отметить, что решение задач моделирования крупных многодневных лесных пожаров требует значительных вычислительных ресурсов, что может быть достигнуто за счет использования кластерных вычислительных систем. При этом получение равномерного распределения вычислительной нагрузки между процессорами связано с разделением вычислительной области на подобласти, количество которых совпадает с числом используемых процессоров, т. е. с применением принципа геометрической декомпозиции [6].

В данной статье рассмотрена разработка параллельного алгоритма, основанного на разбиении моделируемой области на равновеликие подобласти, и исследование его эффективности при использовании модели лесного пожара типа бегущей волны [3].

Разработка параллельных программ практического уровня сложности представляет собой многоэтапный технологический процесс, включающий постановку и анализ задачи, выбор модели программирования, декомпозицию задачи на параллельные процессы, анализ производительности и организацию вычислительного эксперимента.

Постановка задачи. В качестве базовой модели процесса распространения лесного пожара взята модель, основанная на вычислении теплового баланса в лесных горючих материалах [3]. Массив горючего в общем случае представляет собой n параллельных однородных слоев горючего, расположенных один над другим. Произвольный i-й слой занимает по вертикали область Z_i с координатами от z_{iH} до z_{iK} и содержит запас горючего материала $\omega(x, y, z, t)$ кг/ м^3. Вертикальная координата середины i-го слоя обозначается z_{icp}, а его толщина δ_i. При этом

$$z_{icp} = \frac{(z_{iH} + z_{iK})}{2},$$

$$\delta_i = z_{iK} - z_{iH}, \quad i = 1, \ldots, n.$$

Свойства горючего в пределах каждого слоя не зависят от z.

Горючий материал в окрестностях точки C в некоторый момент времени может находиться в одном из трех состояний, описываемых функцией $S(x, y, z, t)$:

$$S(x, y, z, t) = \begin{cases} 0, \text{ если в точке } C \text{ в момент } t \\ \text{имеется ненулевой запас горючего,} \\ \text{т. е. } \omega(x, y, z, t) > 0, \text{ но горения не происходит,} \\ 1, \text{ если } \omega(x, y, z, t) > 0 \text{ и горение происходит,} \\ 2, \text{ если } \omega(x, y, z, t) = 0 \text{ и горение невозможно.} \end{cases}$$

Области, соответствующие состояниям $S = 0$, $S = 1$, $S = 2$, обозначаются соответственно Ω_0, Ω_1, Ω_2. Проекции областей Ω_0, Ω_1, Ω_2 на горизонтальную плоскость D будем обозначать соответственно D_0, D_1, D_2, причем $D_0 \cup D_1 \cup D_2 = D$.

Уравнение нагрева для горючего в окрестности точки $C = (x, y, z)$, которое в момент времени t находится в состоянии $S(x, y, z, t) = 0$, имеет вид

$$\frac{\partial H_j(x, y, t)}{\partial t} =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} \iint_{D_{1i}} \Phi_i(x_1, y_1, t) \xi_{ij}(x - x_1, y - y_1)\, dx_1 dy_1 +$$

$$+\Phi_e(x,y,t)-k_j(x,y)\left[H_j(x,y,t)-H_{0j}(x,y)\right], \quad (1)$$

где $H_j(x,y,t)=\dfrac{1}{z_{jK}-z_{jH}}\int\limits_{z_{jH}}^{z_{jK}} H_v(x,y,z,t)\,dz$ при начальном условии $H_j(x,y,0)=H_{0j}(x,y)$, $(x,y)\in D_{0j}$, $i=1,...,n$, здесь $H_v(x,y,z,t)$ – значение энтальпии в точке (x,y,z) в момент времени t; Φ, Φ_e – энергия, образующаяся при горении и поступающая от внешних источников соответственно, Вт/м^3; $\xi_{ij}(x-x_1,y-y_1)$ – функция влияния пламени из точки (x_1,y_1) на точку (x,y) (функция Грина) из i-го слоя на j-й слой; $k(x,y,z)=\dfrac{\alpha\delta}{\rho c'}$, здесь α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·град), δ – удельная поверхность слоя, м$^{-1}$, c' – приведенная теплоемкость влажного материала, Дж/(кг · град).

Условие воспламенения горючего в j-м слое, т. е. перехода горючего в состояние $S_j(x,y,z,t)=1$, имеет вид $H_j\left(x,y,t_j^*\right)\ge H_j^*(x,y)$, где $t_j^*=t_j^*(x,y)$ – время воспламенения горючего в j-м слое в точке $(x,y)\in D_{0j}$; H^* – энтальпия начала газификации.

Уравнение расходования горючего будет следующим:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left[\frac{\omega_j(x,y,t)}{\omega_{0j}(x,y)}\right]= =\begin{cases}-r_j \text{ при } \omega_j(x,y,t)>0,\\ 0 \text{ при } \omega_j(x,y,t)=0\end{cases} \quad (2)$$

с начальным условием $\omega_j\left(x,y,t_j^*\right)=\omega_{0j}(x,y)$, $(x,y)\in D_{1j}$. Здесь ω_j – активный запас горючего материала в j-м слое, кг/м^3; r_j – относительная скорость сгорания j-го слоя, с$^{-1}$.

Уравнение тепловыделения в j-м слое представим в виде

$$\Phi_j(x,y,t)=-h_j(x,y)\ \frac{\partial\omega_j(x,y,t)}{\partial t}, \quad (x,y)\in D_{1j},\ \ j=1,...,n, \quad (3)$$

где h_j – теплота сгорания горючего, Дж/кг.

Условие погасания (перехода в состояние $S_j(x,y,t)=2$)

$$\omega_j\left(x,y,t_{j*}\right)=0,\ (x,y)\in D_{2j},\ \ j=1,...,n.$$

Модель теплопередачи из зоны горения к горючим материалам, задаваемая функцией влияния (функцией Грина) $\xi_{ij}(x-x_1,y-y_1)$, подробно рассмотрена в [3].

Система уравнений (1)...(3) представляет собой модель процесса распространения горения по неоднородным слоям горючего типа бегущей волны. Особенностью этой модели является то, что часть входных и выходных переменных представляет собой множества $\Omega_0(t)$, $\Omega_1(t)$ и $\Omega_2(t)$.

Метод решения. Рассмотрим алгоритм построения горящей кромки, основанный на численном решении уравнений, описывающих распространение процесса горения. Введя в каждом из слоев прямоугольную сетку с шагами Δx и Δy по координатам x и y соответственно, заменим области D_{0i}, D_{1i} и D_{2i} соответствующими сеточными областями $D_{\Delta 0i}$, $D_{\Delta 1i}$, $D_{\Delta 2i}$, $i=1,2$. Перейдем к дискретному времени, рассматривая систему в моменты $t=0,1,2,...$ с шагом Δt. Заменив в (1), (2) частную производную по времени разностными отношениями, а интеграл по области D_{1i} суммой, получим следующее уравнение нагрева:

$$H_e(i,j,t+1)=H_e(i,j,t)+\Delta t\Delta x\Delta y\times \times\sum_{s=1}^{2}\sum_{(m,n)\in D_{1s}}\Phi(m,n,t)\times\xi_{sl}(m-i,n-j)+ +\Phi_{el}(i,j,t)\Delta t-\Delta t k_l(i,j)\times \times\left[H_l(i,j,t)-H_{0l}(i,j)\right] \quad (4)$$

с начальными условиями $H_l(i,j,0)=H_{0l}(i,j)$, $(i,j)\in D_{\Delta 0l}$, $l=1,2$.

Условие воспламенения горючего в l-м слое при $t=t^*$

$$H_l\left(i,j,t^*\right)\ge H_l^*(i,j),$$

узел (i,j) исключается из $D_{\Delta 0l}\left(t^*\right)$ и присоединяется к $D_{\Delta 1l}\left(t^*\right)$.

Уравнение расходования горючего имеет вид

$$\omega_l(i,j,t+1)= =\begin{cases}\omega_l(i,j,t)-r_l\Delta t \ \text{ при } \omega_l(i,j,t)>0,\\ \omega_l(i,j,t) \ \text{ при } \omega_l(i,j,t)\le 0\end{cases} \quad (5)$$

с начальным условием $\omega_l\left(i,j,t^*\right)=\omega_{0l}(i,j)$, $(i,j)\in D_{\Delta 1l}$, $l=1,2$, а уравнение тепловыделения – вид

$$\Phi_l(i,j,t)=-h_l(i,j)\times \times\frac{\left[\omega_l(i,j,t)-\omega_l(i,j,t-\Delta t)\right]}{\Delta t}, \quad (i,j)\in D_{\Delta 1l},\ \ l=1,2. \quad (6)$$

Условие погасания при $t=t_*$

$$\omega_l(i,j,t_*)=0,\ \ (i,j)\in D_{\Delta 1l},$$

точка (i,j) исключается из $D_{\Delta 1l}(t_*)$ и присоединяется к $D_{\Delta 2l}(t_*)$.

Функции влияния $\xi_{ij}(x-x_1,y-y_1)$ зависят от характеристик леса, природных и погодных факторов и вычисляются по специальным подпрограммам [3].

Используем следующие исходные данные:

– область моделирования в виде двух множеств узлов $D_{\Delta l}=\{(i,j),\ i=1,...,n_l,\ j=1,...,m_l\}$, $l=1,2$;

– начальный и конечный моменты времени t_0 и t_f, временной шаг Δt;

– участки с одинаковыми характеристиками горючих материалов Ω_{kl}, $k=1,...,K$, $\bigcup\limits_k\Omega_{kl}=D_{\Delta l}$, $l=1,2$;

– теплофизические характеристики горючего для каждого из участков Ω_{kl} в каждый момент времени: $H_{0kl}(t)$, $H_{kl}^*(t)$, $k_{kl}(t)$, $h_{kl}(t)$, ω_{0kl}, $\Phi_{ekl}(t)$, $\omega_l(i,j,t)$, $l=1,2$, $k=1,...,K$, $t=t_0,t_0+\Delta t,...,t_f$;

– параметры функции, описывающей тепловое воздействие локального пламени $\rho_{0kl}(t)$, $a_{0kl}(t)$, $\delta_{kl}(t)$, $h_{fkl}(t)$, $\varphi_b(t)$, $w(t)$;

– скорости сгорания $r_{kl}(t)$ для всех участков Ω_k в каждый момент времени $t=t_0,t_0+\Delta t,...,t_f$, $k=1,...,K$;

– начальное состояние системы – области $D_{\Delta 0l}(t_0)$, $D_{\Delta 1l}(t_0)$, $D_{\Delta 2l}(t_0)$.

Используя информацию о лесном горючем и внешней среде, можно получить исходные данные для рассматриваемой модели. Наибольшую сложность представляет вычисление функции влияния пламени $\xi_{ij}(x-x_1, y-y_1)$. При моделировании крупных многодневных пожаров оценку этой функции также можно получить путем анализа аэрокосмических снимков пожара, полученных в последовательные моменты времени (рис. 1). На основе этих снимков могут быть вычислены необходимые для расчетов значения функций $\xi_{ij}(x-x_1, y-y_1)$ и скоростей. Поскольку конфигурация кромки реальных пожаров часто является достаточно сложной, то для упрощения расчетов целесообразно применять сглаживание границы контура на снимке пожара, например его аппроксимацию эллипсом [3]. Это позволяет оперативно получать необходимые для моделирования исходные данные.

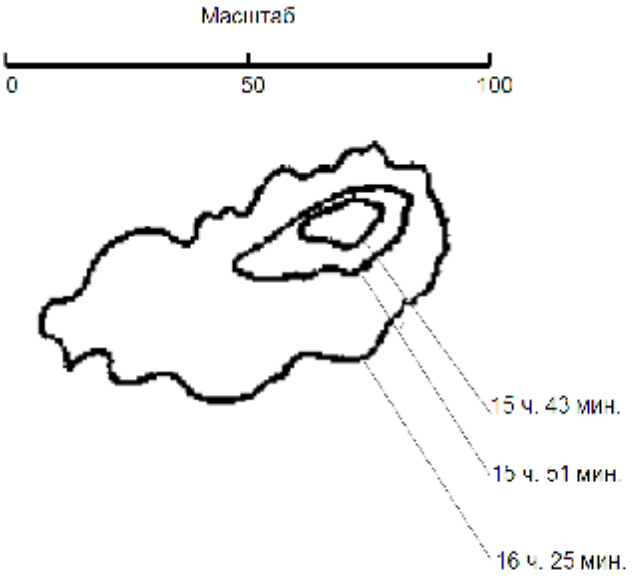


Рис. 1. Динамика контуров пожара

Распараллеливание вычислений. Для распараллеливания процесса вычислений предлагается схема, вытекающая из физического содержания данной задачи. Расчет энтальпии для точки (i, j) на $(t + 1)$-м временном шаге происходит с использованием некоторого количества точек на t-м шаге. Численный расчет ведется итеративно: по имеющимся значениям t-го временного шага выстраивается $(t + 1)$-й шаг и т. д. Таким образом, исходную задачу можно разбить на p подзадач для областей $D^k_{\Delta 1i}$, $D^k_{\Delta 2i}$, $D^k_{\Delta 3i}$, $l = 1, 2, k = 1, ..., p,$ пересекающихся только по границе разбиений и независимых друг от друга на каждом расчетном шаге.

В случае использования технологии MPI каждый процессор получает часть сетки, причем сетки соседних процессоров пересекаются по двум узлам. Это пересечение позволяет частично продублировать вычисления на соседних процессорах, что сокращает межпроцессорные обмены. Затем каждый процессор последовательно на каждом шаге по времени проводит вычисления на своей части сетки. И на каждом шаге по времени соседние процессоры осуществляют обмен граничными значениями при помощи функций неблокирующих пересылок и приема данных MPI_Isend и MPI_Irecv. По окончании расчетов каждый процессор обрабатывает свой массив вычисленных значений, записывая его в отдельный файл.

Сбалансированность вычислений и минимизация межпроцессорных обменов может быть обеспечена за счет выбора оптимального способа распределения данных и вычислений по процессорам. В рассматриваемом нами случае возможны два способа разбиения исходной области по вычислительным узлам: одномерное (на полосы) и двумерное (на квадраты).

В обоих случаях исходная область включает взаимно перекрывающиеся подобласти, и пересчет значений на границах между ними согласно алгоритму, предполагает суммирование при обмене вычисленными значениями для граничных элементов. При этом для перехода к следующей итерации необходимо согласование значений на границах расчетных подобластей. Пересылка данных осуществляется с использованием процедур библиотеки MPI [7–9].

Определим теперь потенциальное ускорение алгоритма. Будем оценивать время работы параллельной программы исходя из соотношения $S_p = T_1 / T_p$, где S_p – ускорение; T_1 – время вычислений на одном процессоре; T_p – время вычислений на p процессорах.

Для получения реалистичных оценок, помимо классической формулы Амдала [6], будем учитывать также время, затрачиваемое программой на обмены между процессами. Как следует из принятой нами схемы распределения данных, на каждом временном шаге требуется обмен границами. Время пересылок для различных способов декомпозиции можно приблизительно выразить через количество пересылаемых данных [6]:

$$V^{1D}{}_{\text{comm}} = 2 \cdot N^3 \cdot \tau \quad \text{при одномерном разбиении,}$$

$$V^{2D}{}_{\text{comm}} = \frac{4}{\sqrt{p}} \cdot N^3 \cdot \tau \quad \text{при двумерном разбиении,}$$

где N^3 – размерность задачи; p – количество вычислительных узлов; τ – время пересылки одного числа. Алгоритм и его программная реализация являются масштабируемыми, если ускорение и производительность линейно зависят от количества используемых процессоров [6; 9]: $S_p = O(p)$. На практике алгоритмы, для которых $S_p = O(p / (\ln p))$, также считаются масштабируемыми.

Проведение вычислительного эксперимента и анализ результатов. Параллельные программы тестировались на модельной задаче, для которой был выбран один однородный слой горючего, расположенный на местности с уклоном, изменяемым по заданному закону.

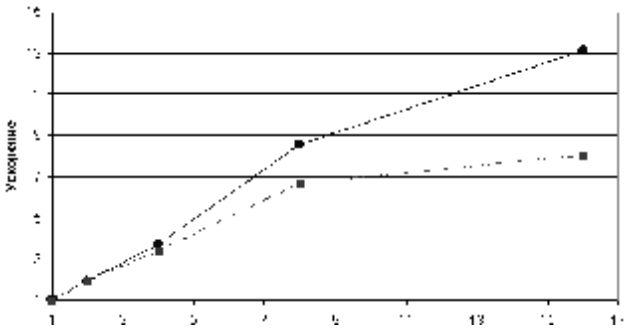
Расчеты проводились по формулам (4)...(6) на кластерной системе МВС 1000 Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН) на тестовой сетке 400 × 400 узлов при использовании от одного до шестнадцати процессоров.

Тестовая область Ω представляла квадрат $\Omega = [1{,}6\pi] \times [1{,}6\pi]$. Возвышение поверхности задавалось косинусоидой $z(x) = 1 + \cos(x / 150)$. Процесс распространения пожара инициировался из узла с координатами (0,5; 0,5). При запуске параллельных программ измерялось время их работы в секундах. На основе данных о времени работы параллельных программ определялись

другие их характеристики, такие как ускорение и эффективность распараллеливания (табл. 1). В вычислительных экспериментах было сделано по 100 шагов по времени.

Анализ данных табл. 1 показывает, что при применении двумерной декомпозиции и восьми процессоров значение эффективности больше единицы, что объясняется использованием в программе динамических массивов с подстраиваемыми под выделенное число процессоров размерами. Таким образом, временные затраты на выборку обрабатываемых данных из оперативной памяти и их передачу через кеш-память уменьшаются. В случае использования восьми процессоров при данной размерности сетки весь массив помещается в кеш-памяти, что и определяет более быстрое выполнение вычислений за счет отсутствия необходимости обмена между оперативной и кеш-памятью.

Полученные в результате вычислительного эксперимента графики зависимости ускорения алгоритмов в зависимости от количества используемых процессоров (рис. 2) показали наличие хорошего ускорения при решении модельной задачи.



Количество процессоров

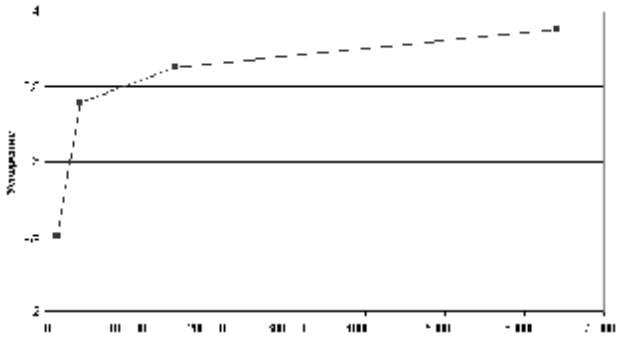
—●—Ускорение при двумерном разбиении
— ■·— ускорение при линейном разбиении

Рис. 2. Зависимость ускорения от количества доступных процессоров

Также был проведен вычислительный эксперимент по выявлению зависимости ускорения вычислений от роста размерности задачи. Были рассмотрены случаи мелкой (10 000 узлов) и крупной (640 000 узлов) сетки. Тестовая область Ω представляла, как и ранее, квадрат $\Omega = [1,6\pi] \times [1,6\pi]$, а возвышение поверхности задавалось косинусоидой $z(x) = 1 + \cos(x/150)$. Характеристики горючего не изменялись. В вычислительных экспериментах было сделано также по 100 шагов по времени. Декомпозиция расчетной области – двумерная. Полученные значения ускорения и эффективности, показанные на кластере ИВМ СО РАН, приведены в табл. 2.

Выполненные расчеты позволяют сделать вывод, что с увеличением размерности задачи при использовании четырех процессоров наблюдается увеличение ускорения вычислений. По крайней мере, для задач размерностью не более 800 × 800 при учете размера кеш-памяти можно добиться эффективности больше 1.

Значения ускорения вычислений с увеличением размерности задачи при использовании двумерной декомпозиции расчетной области возрастают логарифмически (рис. 3). Эту зависимость можно аппроксимировать выражением $y = 0{,}315\,1\ln(x) - 0{,}205\,9$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0{,}882\,1$.



Размерность задачи

Рис. 3. Зависимость ускорения алгоритмов от размерности задачи

Таким образом, при увеличении размерности задачи в 4 раза ускорение вычислений при использовании четырех процессоров возрастает. Средний уровень эффективности распараллеливания составляет около 83 %, что связано с неизбежными затратами времени на организацию межпроцессорных обменов и записи результатов в файл.

Итак, при численном решении задачи моделирования динамики лесного пожара возможно применение как одномерной, так и двумерной декомпозиции. Однако тестирование программ показало, что наиболее эффектив-

Таблица 1

Значения ускорения алгоритмов и эффективности распараллеливания в зависимости от количества используемых процессоров

Характеристики параллельных программ	Количество процессоров				
	1	2	4	8	16
Двумерное разбиение расчетной области					
Время выполнения основного цикла T, с	700,868 934	359,845 6	188,142 001	81,975 424	53,299 19
Ускорение S	1,000 000	1,947 693	3,725 213	8,549 745	13,149 71
Эффективность $E = S/p$	1,000 000	0,973 847	0,931 303	1,068 718	0,821 857
Одномерное разбиение расчетной области					
Время выполнения основного цикла T, с	700,868 934	359,8456	207,077 7	105,259 7	87,268 06
Ускорение S	1,000 000	1,947 693	3,384 569	6,658 474	8,031 219
Эффективность $E = S/p$	1,000 000	0,973 847	0,846 142	0,832 309	0,501 951

ным при использовании, по крайней мере, от четырех до шестнадцати процессоров является двумерное разбиение исходной области.

В результате исследования были созданы следующие программы:

– программа, решающая обратную задачу получения значений скоростей на основе аэрокосмических снимков контуров пожара в последовательные моменты времени;

– программа для препроцессорной обработки данных – разрезания данных на отдельные файлы для многопроцессорных вычислений;

– программа для численного моделирования распространения кромки лесного пожара.

Также были рассчитаны значения ускорений, позволяющие оценить масштабируемость алгоритма и его программной реализации. Эти значения показывают, что алгоритм обладает значительным объемом потенциального параллелизма и хорошей (с точки зрения распараллеливания) структурой, что позволяет надеяться на получение ускорений, близких к линейным в зависимости от количества процессоров, используемых для кластерных вычислительных систем. Значения ускорений, полученные в ходе вычислительного эксперимента, хорошо согласуются с теоретическими оценками.

Библиографический список

1. Софронов, М. А. Огонь в лесу / М. А. Софронов, А. Д. Вакуров. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1981.

2. Гришин, А. М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф / А. М. Гришин // Вестн. Том. гос. ун-та. Серия «Математика и механика». Томск, 2008. № 2 (3). С. 105–114.

3. Доррер, Г. А. Динамика лесных пожаров / Г. А. Доррер. Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, 2008.

4. Weber, R. O. Modeling fire spread through fuel beds / R. O. Weber // Prog. Everg. Combust. Sci. 1990. Vol. 17. P. 65–82.

5. Применение информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ Рослесхоз» для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации : учеб. пособие / Федер. гос. учреждение «Авиалесоохрана». Пушкино, 2007.

6. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. СПб. : БХВ-Петербург, 2002.

7. Message-Passing Interface Forum, MPI 2: Extensions to the Message-Passing Interface [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://www.unix.mcs.anl.gov/mpi/. Title from display.

8. RS/6000 SP: Practical MPI Programming [Electronic resource]. Electronic data. Access mode: http://www.redbooks.ibm.com. Title from display.

9. Корнеев, В. Д. Параллельное программи-рование в MPI / В. Д. Корнеев. 2-е изд. Новосибирск : Изд-во Ин-та вычисл. математики и мат. геофизики Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, 2002.

Таблица 2

Значения ускорения вычислений и эффективности распараллеливания в зависимости от размерности задачи

Характеристика параллельных программ	Размерность задачи			
	100×100	200×200	400×400	800×800
Время выполнения основного цикла на одном процессоре T, с	0,464 515	7,300 380	122,961 800	1 532,029 398
Время выполнения основного цикла на четырех процессорах T, с	0,185 772	2,149 292	33,887 110	394,943 400
Ускорение S	2,500 462 1	3,396 643 8	3,628 571 5	3,879 111
Эффективность $E = S / p$	0,625 116	0,849 161	0,907 143	0,969 778

M. S. Vdovenko, G. A. Dorrer

ON EFFICIENCY ANALYSIS OF THE PARALLEL ALGORITHMS FOR MODELING THE FOREST FIRE SPREADING

The numerical modeling of forest fire spread dynamics with parallel algorithms is considered. The various ways of decomposition of initial burning area are compared. The results of the preliminary theoretical analysis of the calculations acceleration and its comparing with results of computing experiment shows, that the greatest efficiency is achieved, at least, when using from 4 up 16 processors cluster to at two-dimensional splitting initial area.

Keywords: parallel algorithm, modeling of the forest fire, efficiency.

УДК 621.313.3

В. И. Иванчура, В. В. Суханов, Н. А. Никулин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МНОГОФАЗНЫМ ЛИНЕЙНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ПОПЕРЕЧНОГО ПОТОКА

Выполнено исследование переходных процессов в многофазном инверторном электроприводе с линейным асинхронным двигателем поперечного потока. Проведены исследование устойчивости и синтез структуры необходимых регуляторов.

Ключевые слова: линейный асинхронный двигатель, коммутационная функция, автономный инвертор, регулятор, многофазная система.

Рассмотрим некоторые вопросы устойчивости частотно-регулируемого электропривода с линейным асинхронным двигателем (ЛАД) с поперечным потоком (ПП) и статическим преобразователем частоты на основе автономного инвертора тока, в частности осуществление синтеза системы управления на основе аналитических и сравнительно простых частотных методов для линейных непрерывных систем.

Исследование устойчивости привода с ЛАД возможно только на основе комплексного рассмотрения всей системы управления. При этом возникают следующие, в какой-то мере самостоятельные задачи:

– разработка практического метода исследования переходных процессов в схемах с автономными многофазными инверторами, при котором связывались бы в единую систему дифференциальные уравнения как звена постоянного тока, так и нагрузки на выходе инвертора. При этом система рассматривается как непрерывная, хотя она и содержит вентильные дискретные преобразователи – инвертор и выпрямитель;

– линеаризация нелинейных уравнений линейного асинхронного двигателя;

– исследование устойчивости и синтез структуры необходимых регуляторов.

При частотном управлении скольжение двигателя и потребляемый ток устанавливают в соответствии с тяговым усилием, развиваемым двигателем. Но тяговое усилие двигателя не формируется специальным регулятором.

Рассматриваемый тип привода имеет следующие недостатки:

– низкое качество регулирования скорости как при управляющем воздействии (изменение частоты), так и при возмущающем воздействии (изменение нагрузочного усилия);

– отсутствие режима работы «на упор», из-за чего при чрезмерных нагрузочных моментах привод отключается под действием токовой защиты;

– в рамках частотного регулирования трудно реализовать варианты специального управления, когда величина потокосцепления меняется в функции тягового усилия двигателя. При этом напряжение должно регулироваться в функции частоты и тягового усилия.

Решение последней задачи можно упростить, если осуществлять управление амплитудой тока статора, а не напряжения [1]. Амплитуда тока статора определяется моментом (скольжением) двигателя и не зависит от частоты. Чтобы непосредственно воспроизводить заданную амплитуду тока, преобразователь частоты должен обладать свойствами источника переменного тока. Такое управление, получившее название частотно-токового, в наиболее типичной форме характеризуется следующими особенностями:

– преобразователь частоты является источником переменного тока;

– амплитуда переменного тока регулируется в функции частоты скольжения (тягового усилия).

Уравнения автономного инвертора тока. Ток нагрузки однозначно определяется током инвертора i_d и программой работы коммутатора (рис. 1). Фазные токи запишем в виде

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= i_d F_1(t),\\ i_2 &= i_d F_2(t),\\ &\dots\dots\dots\\ i_m &= i_d F_m(t), \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

где $F_1(t), F_2(t), ..., F_m(t)$ – функции времени (коммутационные функции), задаваемые программой работы ключей преобразователя и представляющие последовательность разнополярных единичных импульсов, соответствующих включенному состоянию ключей.

Формулы (1) выражают основное отличительное свойство автономных инверторов тока (АИТ). При фиксированной частоте, принимая за начало отсчета момент $t = 0$, можно записать:

$$\left.\begin{aligned} F_1(t) &= \frac{4}{\pi}\sum\frac{\sin(n\frac{\pi}{3})}{n}\cos n\omega t,\\ F_2(t) &= \frac{4}{\pi}\sum\frac{\sin(n\frac{\pi}{3})}{n}\cos(n\omega t-\frac{2\pi}{m}),\\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\ F_m(t) &= \frac{4}{\pi}\times\\ &\times\sum\frac{\sin(n\frac{\pi}{3})}{n}\cos(n\omega t-\frac{2(m-1)\pi}{m}), \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

где ω – частота тока, формируемого инвертором; $n = 2mk \pm 1$, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Учитывая, что в любой момент времени $i_1 + i_2 + ... + i_m = 0$, получим выражение для результирующего вектора тока нагрузки [2]:

$$i = \frac{2}{m} i_d [F_1(t) + \bar{a} F_2(t) + \\ + ... + \bar{a}^{(m-1)} F_m(t)] = i_d \overline{F_T}(t), \quad (3)$$

где $\overline{F_T}(t)$ – результирующий вектор коммутационной функции инвертора тока.

Так как изменение коммутационных функций фаз происходит только в моменты коммутации, то результирующий вектор $\overline{F_T}(t)$ в межкоммутационный период имеет постоянную величину и направление, и в моменты, соответствующие моментам коммутации тока в фазах нагрузки, скачком перемещается в положение, составляющее угол $\frac{2\pi^\circ}{m}$ к прежнему положению. Это перемещение соответствует перемещению вектора постоянной амплитуды, которое происходит не непрерывно, а скачками. Воспользовавшись разложениями функций $F_1(t), F_2(t), ..., F_m(t)$ в ряд Фурье, запишем выражение для результирующего вектора:

$$\overline{F_T}(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} [e^{j\omega t} + \\ + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2mk+1} e^{j(2mk+1)\omega t} - \\ - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{2mk-1} e^{-j(2mk-1)\omega t}], \quad (4)$$

где $k = 1, 2, 3, \ldots$.

Итак, вектор $\overline{F_T}(t)$ m-фазного мостового инвертора тока представляет собой сумму прямо и обратно вращающихся векторов с различными угловыми скоростями, причем векторы, скорость которых равна $(2mk+1)\omega$, вращаются в положительном направлении, т. е. в том же направлении, что и основная гармоника, а векторы, скорость которых равна $(2mk-1)\omega$, вращаются в отрицательном направлении.

Основная гармоника

$$\overline{F_{T1}}(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} e^{j\omega t} \quad (5)$$

вращается в положительном направлении со скоростью ω. В моменты коммутации тока в двух фазах инвертора, т. е. при ωt, равном 0, π/m, $2\pi/m$ и т. д., функции $\overline{F_T}(t)$ и $\overline{F_{T1}}(t)$ совпадают друг с другом и с осью фазы, не участвующей в коммутации.

Результирующий вектор коммутационной функции АИТ представляет собой вектор постоянной амплитуды, перемещающейся на фазовой плоскости скачками таким образом, что средняя скорость вращения равна ω [3]. При увеличении числа фаз величина скачков уменьшается, а средняя скорость вращения остается неизменной. При $m \to \infty$ величина скачка стремится к нулю и перемещение результирующего вектора коммутационной функции превращается в равномерное вращение со скоростью ω:

$$\overline{F_T}(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} e^{j\omega t}. \quad (6)$$

В системе координат, вращающейся со скоростью ω, направив вектор $\overline{F_T}(t)$ вдоль действительной оси, получим

$$\overline{F_T}(t) = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} = F_T. \quad (7)$$

Уравнения динамики системы с идеализированным автономным инвертором. Для определения зависимости между u_{d_2} и i_d в переходных режимах при известном дифференциальном уравнении нагрузки необходимо определить зависимости между u_{d_2} и u. Для этого воспользуемся уравнением баланса мощности, вычисляя мощность нагрузки по выражению

$$p_e = \frac{m}{2} \mathrm{Re}[\bar{i}\bar{u}]. \quad (8)$$

Учитывая (3), получим выражение для реакции автономного инвертора тока:

$$u_{d_2} = \frac{m}{2} \mathrm{Re}[\overline{F_T}(t)\bar{u}]. \quad (9)$$

Необходимо отметить, что выражение (9) справедливо для любой системы координат, поскольку мощность m-фазной цепи определяется взаимным расположением векторов тока и напряжения и не зависит от скорости вращения системы координат, в которой они записаны.

При вычислении (9) воспользуемся системой координат, вращающейся в положительном направлении со скоростью ω, при этом действительная ось совпадает с направлением вектора $\overline{F_T}(t)$. В этом случае получим

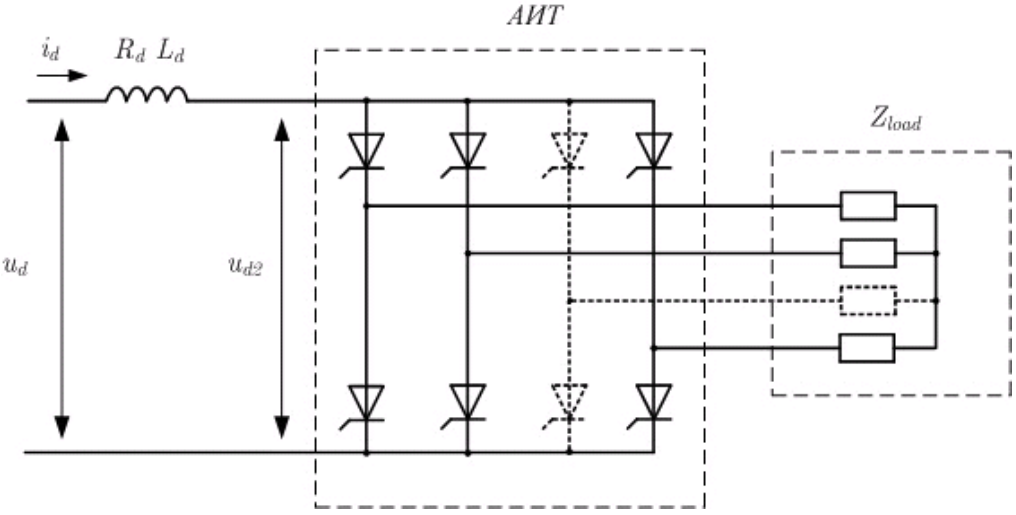


Рис. 1. Схема m-фазного инвертора тока

выражение для реакции АИ как элемента звена постоянного тока:

$$u_{d_2} = \frac{m}{2} F_T \operatorname{Re}[\bar{u}]. \qquad (10)$$

Таким образом, система уравнений, устанавливающая взаимосвязь между входными и выходными величинами АИ с числом фаз m, имеет вид

$$\left.\begin{aligned} \overline{i_{\text{load}}} &= F_T i_d, \\ u_{d_2} &= \frac{m}{2} F_T \operatorname{Re}[\overline{u_{\text{load}}}]. \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Для исследования динамики системы «АИТ–нагрузка» уравнения (11) необходимо решать совместно с уравнением нагрузки, устанавливающим взаимосвязь между результирующими векторами $\overline{i_{\text{load}}}$ и $\overline{u_{\text{load}}}$ нагрузки [3].

Рассмотрим случай, когда процессы в нагрузке описываются линейной системой дифференциальных уравнений и инвертор работает при фиксированной частоте (ω = const). В этом случае остается линейной и полная система уравнений, описывающая переходные процессы в системе «АИТ–нагрузка». Записывая уравнения в операторной форме (при нулевых начальных условиях), получим

$$\left.\begin{aligned} \overline{i_{\text{load}}}(p) &= F_T i_d(p), \\ \overline{u_{\text{load}}}(p) &= Z(p + j\omega)\overline{i_{\text{load}}}(p), \\ u_{d_2}(p) &= \frac{m}{2} F_T \operatorname{Re}[\overline{u_{\text{load}}}(p)]. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Исследование устойчивости и синтез структуры необходимых регуляторов. Тяговое усилие определяется в равной степени и потоком, и током. Однако в подавляющем большинстве случаев регулируемых приводов при любом типе двигателя управление моментом осуществляется током. Поток как более инерционная величина, ограниченная сверху условиями насыщения магнитной системы, в процессе работы поддерживается неизменным или изменяется по сравнению с током в значительно более узких пределах, причем не для регулирования момента, а для улучшения использования силового оборудования привода (двигателя и преобразователя).

Общий подход к построению управляющих систем для частотно-управляемого асинхронного электропривода является таким же, что и для автоматизированного привода постоянного тока, и заключается в следующем: по уравнениям электромагнитных процессов в двигателе и электромеханических процессов в приводе составляются структурные схемы, которые дополняются структурными схемами регуляторов, обеспечивающих последовательную отработку основных координат движения системы по принципу отрицательной обратной связи. При реализации систем управления используется та же элементная база, что и для привода постоянного тока: регуляторы на основе операционных усилителей, датчики тока, напряжения, аналоговые и импульсные датчики частоты вращения, преобразователи аналогового сигнала в импульсный, множительно-делительные устройства и др.

Рассмотрим структурную схему регулируемого электропривода с автономным инвертором тока (рис. 2). Выходной сигнал пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора) скорости является заданием тягового усилия двигателя. При управлении с неизменным током статора машина приобретает неблагоприятные свойства, заключающиеся в том, что с увеличением нагрузки (скольжения) резко падает магнитный поток. Поэтому система должна быть замкнута так, чтобы с увеличением нагрузки по определенному закону и ток статора увеличивался бы таким образом, чтобы поток машины поддерживался постоянным.

Ток двигателя при всех частотах пропорционален скольжению. Сигнал, преобразованный в функциональном построителе, рассчитанном на основе полевого расчета двигателя [4], выполняет данное условие, т. е. является заданием амплитуды тока, которое отрабатывается замкнутой системой автоматического управления. Быстродействие в отработке задания тягового усилия будет определяться быстродействием системы регулирования амплитуды тока статора. Пользуясь результатами полевого расчета двигателя, мы сможем программировать элемент (блок формирования усилия на рис. 3), характеризующий усилия, возникающие в ЛАД ПП с учетом скольжения и магнитного зазора.

При синтезе контура тока задание амплитуды тока отрабатывается в замкнутой системе (рис. 4). В системе электропривода контур регулирования тока статора является внутренним. Результаты его настройки (рис. 5) во многом определяют быстродействие и качество регулирования синтезируемой системы. Объект регулирования

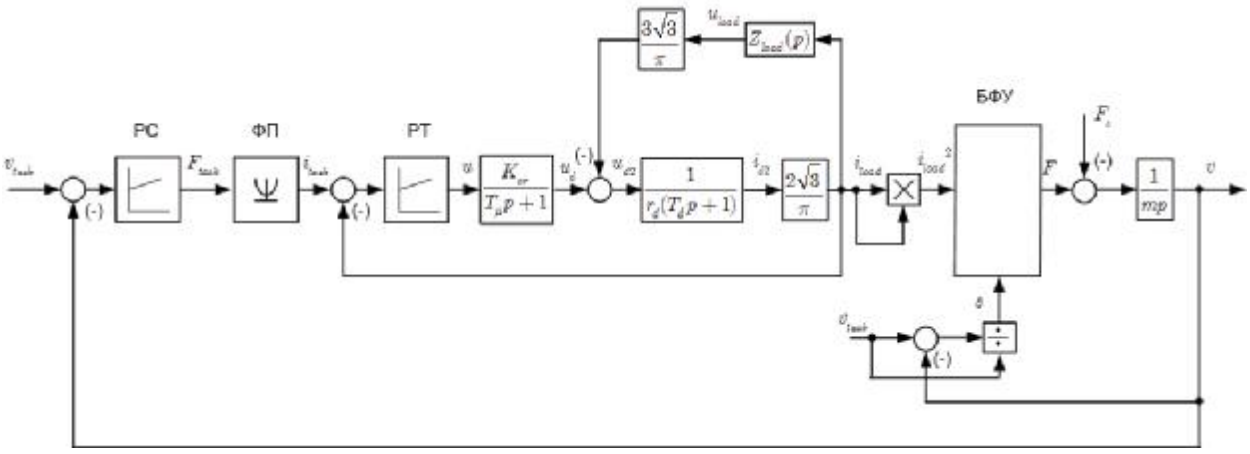


Рис. 2. Структурная схема регулируемого электропривода с автономным инвертором тока

контура тока состоит из преобразователя с СИФУ, дросселя и автономного инвертора тока.

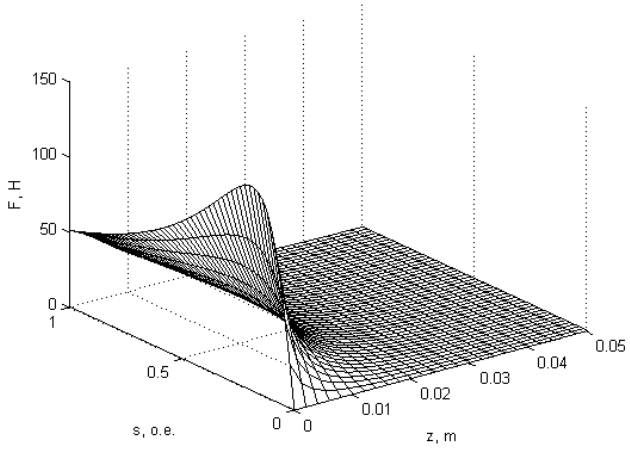


Рис. 3. График зависимости тягового усилия от скольжения и величины зазора между статором и вторичным элементом двигателя

При синтее контура скорости на входе регулятора скорости сравниваются сигналы задания и обратной связи по скорости. Выходной сигнал этого регулятора является заданием тягового усилия двигателя. Блок ФПКТБФУ (рис. 6), состоящий из преобразователя частоты, двигателя, регулятора тока и звена, поддерживающего его потокосцепление постоянным, является устройством отработки задания по тяговому усилию. Эта отработка не может быть безынерционной, так как ФПКТБФУ включает инерционные силовые элементы, а также вентильные преобразователи, обладающие ограниченной частотой пропускания. Передаточную функцию ФПКТБФУ можно определить в виде апериодического звена

$$W(p) = \frac{1}{(T_{\mu} p + 1)}.$$

Таким образом, мы получили ПИ-регулятор скорости, параметры которого подбираются экспериментально (рис. 7).

При анализе влияния автономного инвертора на динамические характеристики системы инвертор целесообразно расчленить на вентильный коммутатор и устройство принудительной коммутации. При анализе влияния вентильного коммутатора в рассмотрение вводится основная гармоника коммутационной функции, на чем основан метод непрерывной аппроксимации применительно к вентильным коммутаторам.

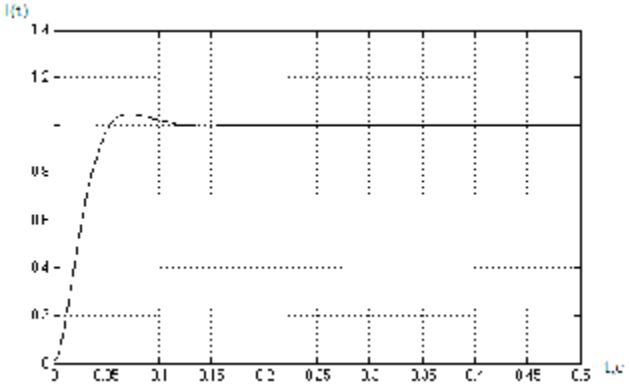


Рис. 5. График переходного процесса по задающему воздействию в контуре регулирования тока

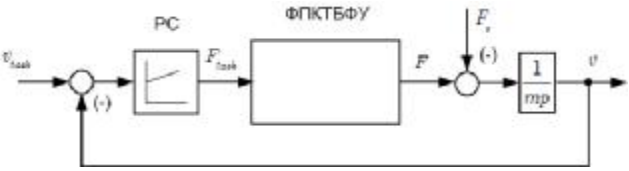


Рис. 6. Упрощенная структурная схема электропривода с регулятором скорости

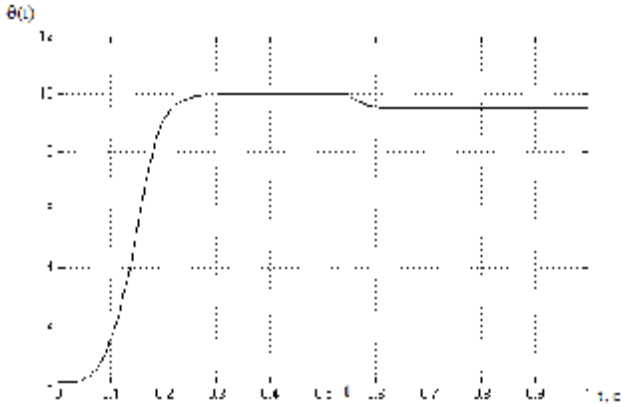


Рис. 7. График переходного процесса по задающему воздействию при пуске и при набросе нагрузки в контуре регулирования скорости в момент времени t_1

Таким образом, входное напряжение автономного инвертора тока пропорционально проекции результиру-

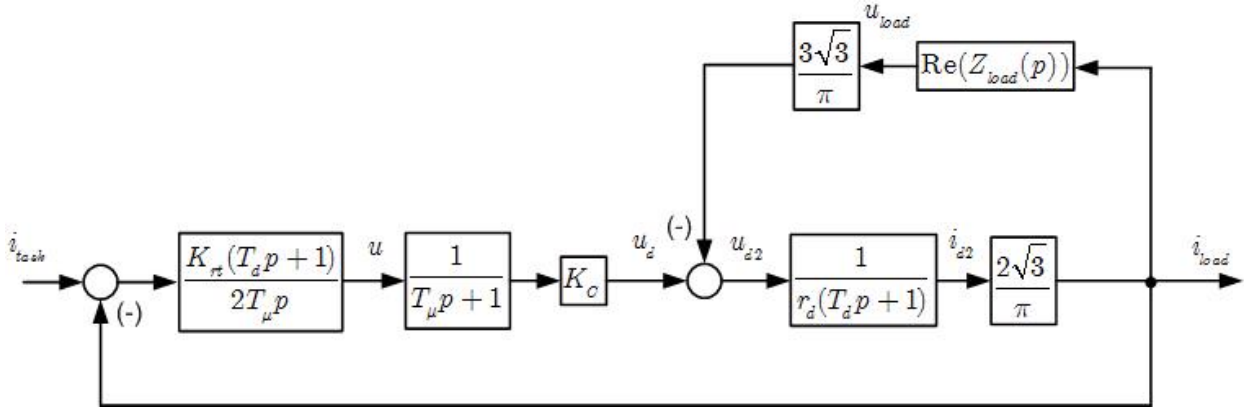


Рис. 4. Структурная схема контура регулирования тока

ющего вектора напряжения нагрузки на результирующий вектор тока. При линейной нагрузке и фиксированной выходной частоте ω автономный инвертор как элемент цепи постоянного тока может быть представлен в виде передаточной функции, которая для автономного инвертора тока пропорциональна действительной части операторного сопротивления нагрузки во вращающейся со скоростью ω системе координат.

При построении модели в пакете программ MatLAB используются программируемые блоки, значения которых получены при помощи полевого расчета многофазного ЛАД. Настройка контура регулирования тока производится по критерию модульного оптимума [5]. При единичном ступенчатом воздействии перерегулирование составляет 4,3 %. В контуре регулирования скорости используется ПИ-регулятор, параметры которого были определены экспериментально. Переходный процесс носит апериодический характер. В результате система является устойчивой к различного рода возмущающим воздействиям.

Библиографический список

1. Эпштейн, Н. И. Автоматизированный электропривод переменного тока / Н. И. Эпштейн. М. : Энергоатомиздат, 1982.

2. Бражников, В. Ф. Метод анализа асинхронных многофазных двигателей с произвольным расположением обмоток при несинусоидальном напряжении питания / В. Ф. Бражников, В. И. Иванчура, Б. П. Соустин // Автоматизированные электромеханические системы / Новосиб. электротехн. ин-т. Новосибирск, 1980. С. 56–69.

3. Кривицкий, С. О. Динамика частотно-регулируемых электроприводов с автономными инверторами / С. О. Кривицкий, И. И. Эпштейн. М. : Энергия, 1970.

4. Суханов, В. В. Трехмерная модель линейного асинхронного двигателя с поперечным магнитным потоком / В. В. Суханов, Н.А. Никулин // Сб. материалов 5-й Междунар. (16-й Всерос.) конф. по автоматизир. электроприводу. СПб., 2007.

5. Шаталов, А. С. Теория автоматического управления / А. С. Шаталов. М. : Высш. шк., 1977.

V. I. Ivanchura, V. V. Suchanov, N. A. Nikulin

INVESTIGATION DRIVE SYSTEM WITH THE MULTIPHASE TRANSVERSE FLUX LINEAR INDUCTION MOTOR

The investigation of transients in multiphase inverter electric drive system with the transverse flux linear induction motor is executed. The investigation of stability and synthesis of structure of necessary regulators is conducted.

Keywords: linear induction motor, switching function, independent inverter, regulator, multiphase system.

УДК 621.396.6-049.75:629.78

А. В. Юткин, О. А. Климкин, А. В. Дзювина

ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И ТЕПЛОВОМ АНАЛИЗЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Рассмотрены различные системы проектирования на базе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космических аппаратов. Проанализированы принципы создания информационной структуры процесса проектирования РЭА. Предложены система хранения данных и схема обмена данными между системами проектирования и системой хранения данных.

Ключевые слова: проектирование, радиоэлектронная аппаратура, космический аппарат.

Процесс проектирования космического аппарата (КА) состоит из различных этапов, для совершенствования которых применяются различные методы и технологии. В данной статье рассматривается процесс внедрения информационных технологий при проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) космического аппарата.

Проектирование радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата состоит из следующих этапов: получения и согласования технического задания на разработку радиоэлектронной аппаратуры; проектирования электрической схемы РЭА; проектирования печатных плат; проектирования конструкции прибора; теплового анализа печатных плат; механического анализа конструкции РЭА; составления конструкторской документации РЭА.

В настоящее время для проектирования радиоэлектронной аппаратуры используются различные системы автоматизированного проектирования (САПР) РЭА. Эти системы постоянно совершенствуются в связи с появлением новых стандартов и требований к проектированию РЭА, что значительно усложняет работу конструкторов. Для облегчения и ускорения разработки РЭА необходимо создать единую информационную систему для хра-

нения графической и технической информации, которая будет использоваться в процессе проектирования РЭА. Создание такой интегрированной информационной структуры предполагает объединение существующих систем проектирования и включает несколько этапов [1].

На первом этапе проводится анализ всех автоматизированных систем, применяемых для поддержки и совершенствования процессов проектирования радиоэлектронной аппаратуры, и определяется, какие системы проектирования нужно сохранить, а какие заменить на более современные или разработать новые. При выборе систем проектирования предпочтение следует отдавать открытым системам, поскольку в них упрощены функции поддержки и обеспечен обмен данными в стандартном виде.

Вторым этапом является разработка системы хранения таких данных, как электрические схемы, печатные платы, блоки, конструкции приборов, а также всех радиоэлементов, используемых для проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Создаваемая система хранения данных должна быть привязана к автоматизированным системам проектирования РЭА и независима от какой-либо из них.

Все эти задачи наилучшим образом решаются, если системы хранения данных изначально разрабатываются с ориентацией на формирование единого информационного ядра (информационной базы). В качестве такого ядра авторами было решено использовать реляционную базу данных (БД), отображающую концептуальную модель рассматриваемой предметной области. Затем были проанализированы основные системы автоматизированного проектирования РЭА, из которых были выделены САПР PCAD (проектирование печатных плат), ТриАНА (расчет тепловых моделей), AutoCAD (предварительное конструирование приборов), OrCAD (проектирование электронных схем), SolidWorks и CATIA (трехмерное проектирование конструкции приборов.

В результате анализа этапов проектирования РЭА (рис. 1) основой создаваемого информационного ядра и центром взаимосвязей внутри него стали базы данных конструкторской документации (КД), электронных радиоизделий (ЭРИ) и ТриАНА. Для хранения данных была выбрана база данных MySQL, разработанная корпорацией MySQL AB. Основные достоинства этой БД следующие: многопоточность; поддержка нескольких одновременных запросов; оптимизация связей с присоединением многих данных за один проход; записи фиксированной и переменной длины; ODBC-драйвер в комплекте с исходником; гибкая система привилегий и паролей; до 16 ключей в таблице, каждый из которых может иметь до 15 полей; поддержка ключевых полей и специальных полей в операторе Create; поддержка чисел длиной от 1 до 4, строк переменной длины и меток времени; интерфейс с языками C и Perl; основанная на потоках быстрая система памяти; утилита проверки и ремонта таблицы; хранение всех данных в формате ISO8859_1; использование Insert на любом подмножестве полей; легкость управления таблицей, включая добавление и удаление ключей и

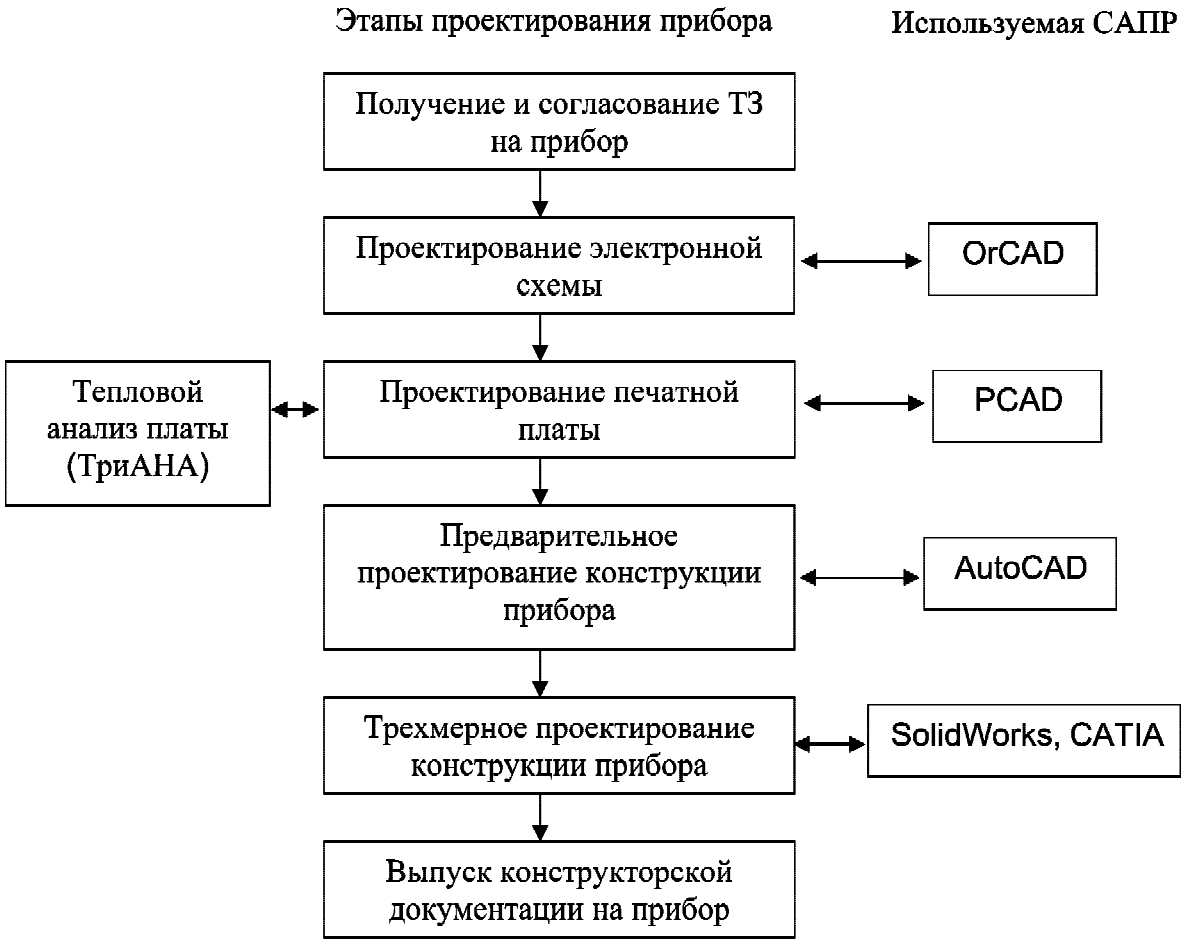


Рис. 1. Этапы проектирования РЭА и используемые для них САПР

полей; выполнение команд SQL непосредственно из командной строки системы Unix или из интерактивного режима MySQL. Кроме того, СУБД MySQL имеет библиотеку C API, которую можно использовать для запросов в базе данных, вставки данных, создания таблиц и т. п. [2].

Таким образом, решение задачи внутренней интеграции прикладных подсистем в единой информационной базе подготовило интеграцию «внешних» по отношению к ней САПР PCAD и ТриАНА (рис. 2). При помощи разработанного программного обеспечения в базу данных ЭРИ из САПР PCAD были конвертированы характеристики электронных элементов и графическая информация о них. При помощи этого же программного обеспечения в базу ТриАНА из САПР ТриАНА были внесены данные теплового расчета. База КД была сформирована на основе данных обеих САПР.

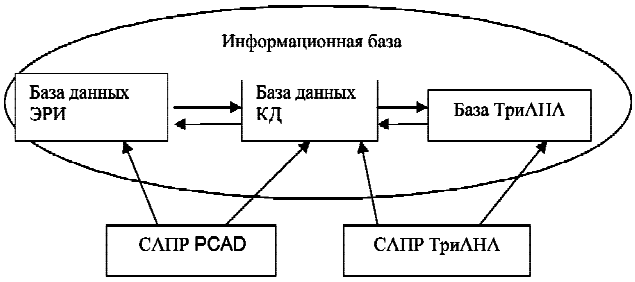


Рис. 2. Информационная система проектирования РЭА КА

В ходе проектирования баз ЭРИ и КД после изучения данных, находящихся в системах автоматизированного проектирования ТриАНА и PCAD, было решено разбить все радиоэлементы по следующим типам: конденсаторы, микросхемы, полупроводники и др.

На основе ЭРИ, используемых в САПР ТриАНА и PCAD для проектирования РЭА, была разработана база данных ЭРИ (табл. 1). Описания элементов ЭРИ были взяты из технических условий на эти элементы.

Радиоэлементы и их тепловые характеристики были помещены в базу ЭРИ по типам, соответствующим каждой таблице. После проведения анализа элементов была составлена структурная схема хранения данных в таблицах ЭРИ (табл. 2).

Передача данных из САПР PCAD в базу данных КД происходит при помощи программного обеспечения, разработанного в рамках решения задач автоматизации проектирования печатной платы и формирования КД на спроектированную плату. Программное обеспечение создано на основе языка программирования Visual Basic и осуществляет обмен данными при помощи DBX-интерфейса, используемого в САПР PCAD для обмена данными с другими САПР. Для передачи необходимой информации требуется ввести следующие параметры: наименование изделия, номер прибора, название прибора,

Таблица 1

Структура база данных ЭРИ

Название таблицы	Описание	Кол-во элементов
blok	Блоки	10
detal	Спецдетали	10
detali	Детали	3
eri_imp_bort	Импортные ЭРИ	8
kondensator	Конденсаторы	270
matrica	Матрицы	36
micro	Микросхемы	401
pattern	Графическая информация	431
poluprovodnik	Полупроводники	117
prochee	Прочее	29
radiator	Радиаторы	13
razem	Разъемы	130
rele	Реле	33
rezistor	Резисторы	70
rezonator	Резонаторы	12
transformator	Трансформаторы	106
tranzistor	Транзисторы	79
Итого		1758

Таблица 2

Структура таблиц ЭРИ и описание полей

Название поля	Описание поля
Naimenovanie	Полное наименование элемента
TU	Техусловие
Ustanovka	Тип установки
Detal	Доп. деталь
Massa	Масса элемента
Kreplenie	Тип крепления к плате
ComponentHeightTop	Высота элемента над платой
ComponentHeightBottom	Высота элемента под платой
Paika	Тип пайки
Montag	Тип монтажа
CmpPCAD	Связь с САПР PCAD
sdetal	Спецдеталь

номер блока, название блока, стадию разработки блока, тип платы (рис. 3).

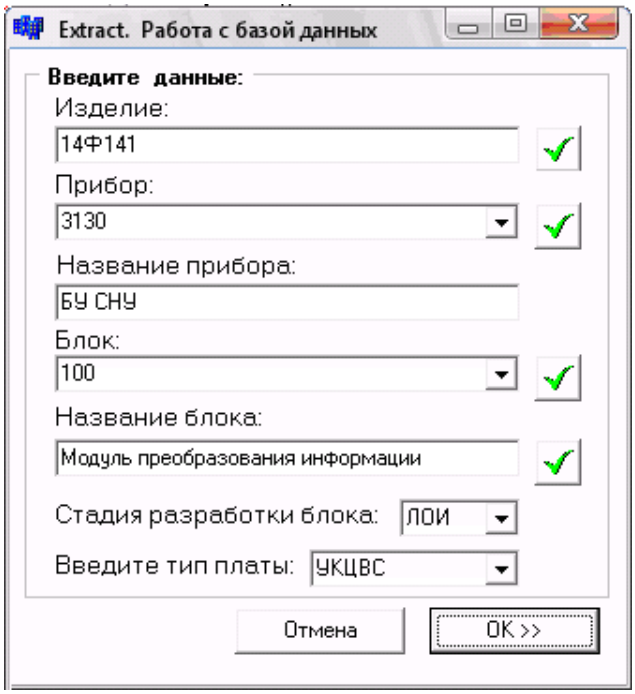


Рис. 3. Передача данных из САПР PCAD в базу данных КД

Выбрав в базе КД название прибора, конструктор может просмотреть сформированную системой конструкторскую документацию на этот прибор со следующими характеристиками: используемые в нем радиоэлементы, требуемые для его изготовления материалы, общая масса радиоэлементов и т. д. (рис. 4).

При проведении теплового анализа печатных плат разработанное программное обеспечение выполняет выгрузку данных из базы КД и формирует файл с данными о выбранном приборе для теплового расчета в системе ТриАНА. Используя это программное обеспечение, конструктор также может передавать данные из системы PCAD в систему ТриАНА (рис. 5), не перечерчивая печатные платы, что сокращает время проектирования и теплового расчета всего прибора, а также критичные ошибки на стадии проектирования его печатных плат.

В результате теплового расчета будут определены значения температур конструктивных элементов, конструктивных узлов и ЭРИ радиоэлектронных средств (РЭС), значения температур воздушных потоков, охлаждающих РЭС. Эти значения могут быть получены как для стационарного, так и для нестационарного теплового режима [3].

Взаимодействие проектировщика с разработанной информационной структурой осуществляется через обращение к веб-интерфейсу спроектированного авторами сайта. Форма представления информации при помо-

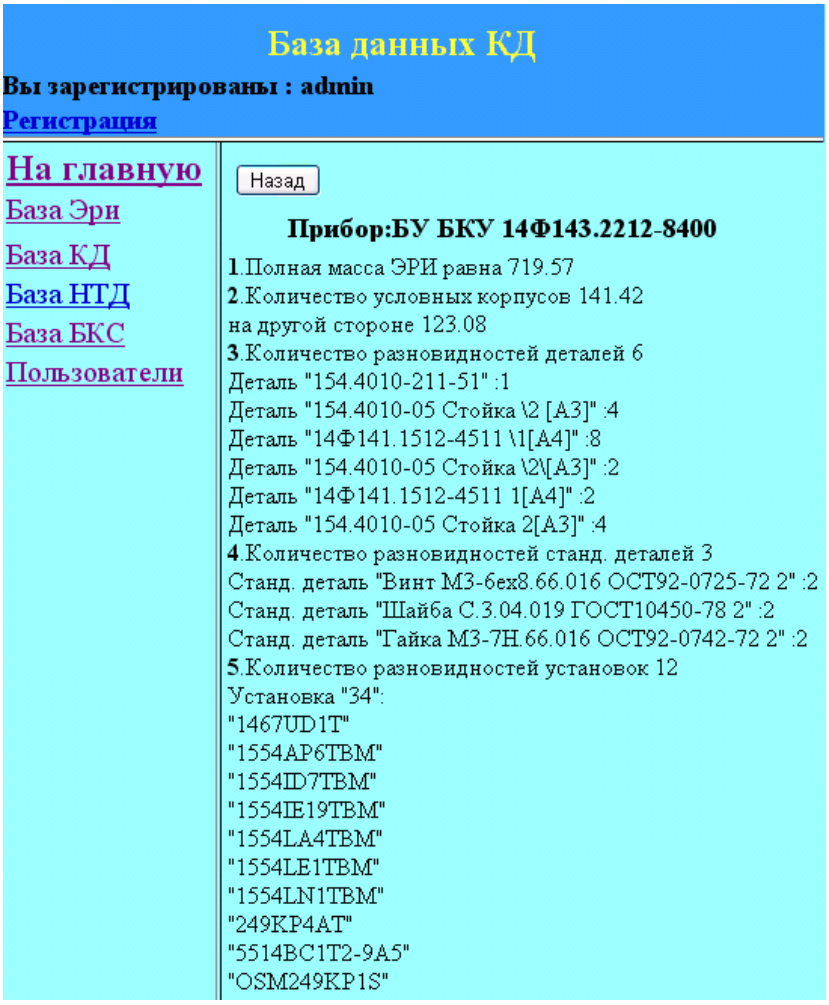


Рис. 4. Формирование отчета о приборе БУ БКУ на основе данных базы КД

щи сайта позволяет работать с ней в базе данных, не ограничивая пользователя в выборе операционной системы и браузера. Сайт разработан при помощи языка программирования PHP, который работает с несколькими базами данных, нересурсоемок и, что немаловажно, является бесплатным.

В процессе проектирования радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата конструктор, войдя в этот сайт, может получить данные о характеристиках радиоэлементов, изменить их или добавить новые радиоэлементы. Такая методика работы позволяет проектировщику, не обращаясь к техническим условиям на электронные радиоизделия, просматривать их характеристики на сайте (рис. 6), что ускоряет процесс проектирования РЭА.

Разработанная информационная система проектирования РЭА КА предоставляет конструктору полную информацию об используемых ЭРИ, позволяет автоматизировать часть этапов проектирования платы, процесс передачи данных о спроектированной печатной плате в систему ТриАНА, а также формирование конструкторской документации на прибор в целом. Однако еще не решены задачи сквозного проектирования на этапах получения технического задания на разработку радиоэлектронной аппаратуры и взаимосвязь САПР для проектирования электрической схемы РЭА с САПР проектирования печатных плат, поскольку обмен данными между этими САПР пока не реализован. Также не автоматизирован обмен графическими данными и технической информацией между САПР проектирования конструкции приборов.

Для решения поставленных задач в дальнейшем планируется внедрить систему документооборота SmartTeam, в которой будут храниться технические задания на РЭА, электронная конструкторская документация на РЭА для всех этапов проектирования, созданная в различных САПР. Эта система позволит внедрить безбумажную технологию, а также обеспечит обмен конструкторской документацией между заказчиками и конструкторами только в электронном виде.

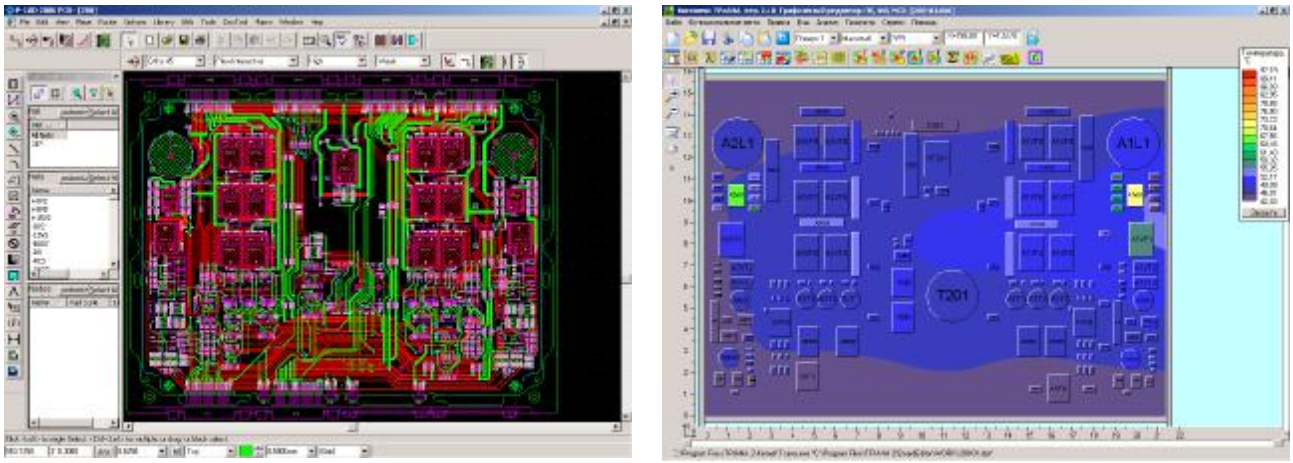


Рис. 5. Передача данных из САПР PCAD в САПР ТриАНА для расчета теплового анализа печатной платы

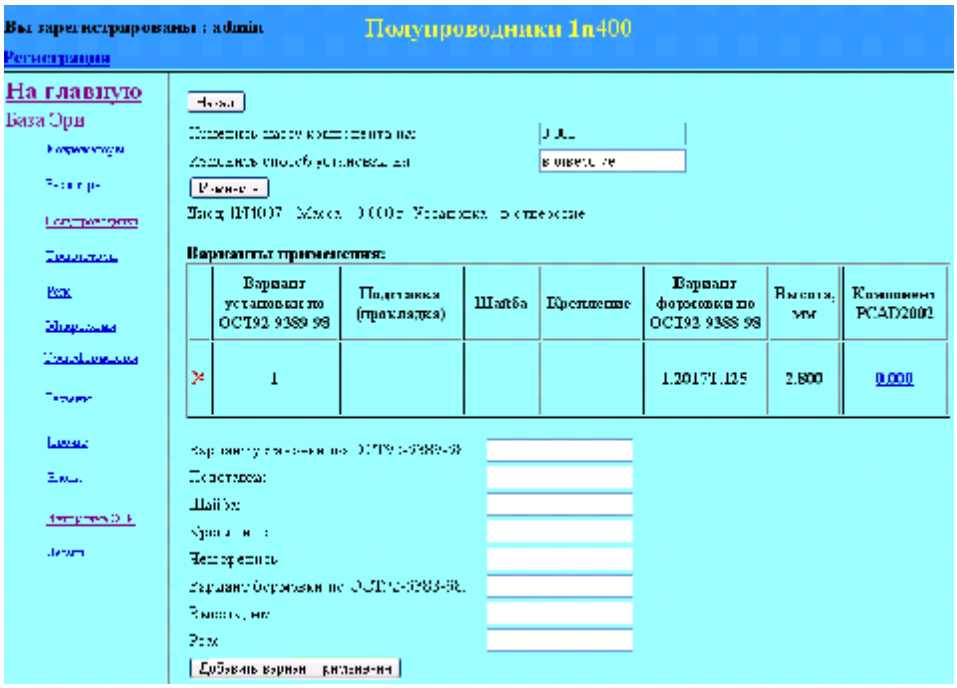


Рис. 6. Просмотр информации в базе данных ЭРИ

Библиографический список

1. Юткин, А. В. Внедрение информационных технологий при проектировании радиоэлектронной аппаратуры и тепловом анализе печатных плат / А. В. Юткин, О. А. Климкин // Решетневские чтения : материалы XII Междунар. науч. конф. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2008. С. 368–369.

2. MySQL: введение [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа : http://www.mysql.ru/docs/ilyin. Загл. с экрана.

3. Описание применения ПК ТриАНА [Электронный ресурс] / А. В. Сарафанов, В. Г. Журавский, В. В. Гольдин и др. Электрон. дан. 2007. Режим доступа: http://www.triana.ire.krgtu.ru/download/new/2.pdf. Загл. с экрана.

A. V. Yutkin, O. A. Klimkin, A. V. Dzyuvina

ELECTRONIC EQUIPMENT OF SPACECRAFT AND THERMOANALYSIS OF PRINTED-CIRCUIT-BOARDS

Different designing systems on the basis of radio electronic equipment are considered. The creation principles are considered in information structure, process of designing radio electronic equipment, the development of the system engineering of data storage, data exchange schemes among designing systems and a data storage system are analyzed.

Keywords: designing, radio electronic equipment, spacecraft.

УДК 621.675-181.4:629.78

Е. М. Краева

К РАСЧЕТУ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ МАЛОЙ БЫСТРОХОДНОСТИ[1]

Рассматриваются особенности расчета эксплуатационных параметров центробежных насосов малой быстроходности при работе на различных рабочих жидкостях в широком диапазоне изменения вязкости. Приводятся зависимости для пересчета параметров насосов, полученных при модельных испытаниях на эксплуатационные параметры.

Ключевые слова: центробежный насос, вязкость модели, параметры, мощность, напор.

Широкий диапазон работоспособности центробежных насосов с малым коэффициентом быстроходности предопределяет их работу не только на различных жидкостях, но и в условиях, когда основные параметры подаваемого компонента изменяются во время работы системы питания. Это, например, характерно для работы насоса малой быстроходности (НМБ) в составе бортового источника питания (БИП) ракеты-носителя (РН) или системы терморегулирования (СТР) космического аппарата (КА). Температурный диапазон работоспособности таких систем с теплоносителем ЛЗ-ТК-2 характеризуется интервалом от –90 до +60 °С, а для насосов БИП, подающих масло типа РМ, от +2 до +220 °С. Условия работы системы в заданном интервале температур таковы, что они существенно (в 100 и более раз) меняют вязкость рабочего тела, что приводит к изменению энергетических параметров насоса.

Как правило, энергетические характеристики насосов получают, проводя испытания на модельной жидкости, чаще всего на воде. Характеристики, полученные на воде, необходимо пересчитывать для реальных рабочих тел, на которых работает насос, в том случае, если вязкость и плотность их существенно отличаются. С ростом вязкости увеличиваются гидравлические потери в насосе, вследствие чего напор насоса падает при неизменной его теоретической величине. Возрастает также мощность трения рабочего колеса (РК) о жидкость, механические потери в уплотнениях. Утечки жидкости через щелевые уплотнения с ростом вязкости уменьшаются, хотя возрастают потери на трение вращающихся поверхностей. Комплексное воздействие повышения вязкости жидкости приводит, как правило, к уменьшению КПД насоса. Особенно вязкостные эффекты существенно проявляются в насосах с открытыми или полуоткрытыми РК [1].

Исследования по влиянию вязкости рабочей жидкости на характеристики насосов проводились на различных компонентах: воде, этаноле, бензине Б-70, ацетоне, водоглицериновой смеси в широком диапазоне изменения вязкости $\nu = 0,3 \cdot 10^{-6} ... 0,3 \cdot 10^{-3}$ м^2/с. Энергетические характеристики одного из испытанных НМБ с закрытым РК ($D_2 = 41$ мм; $b_2 = 3$ мм; $\beta_{2\wedge} = 30^{\circ}$) для трех значений вязкости рабочего тела приведены на рис. 1. С ростом вязкости, наряду с уменьшением КПД и напора насоса, наблюдается смещение наибольшей величины КПД насоса в область меньших расходов. Проявляется как бы запирание эффективного сечения канала РК за счет роста толщины пограничного слоя, что согласуется с представленной расчетной моделью РК [1].

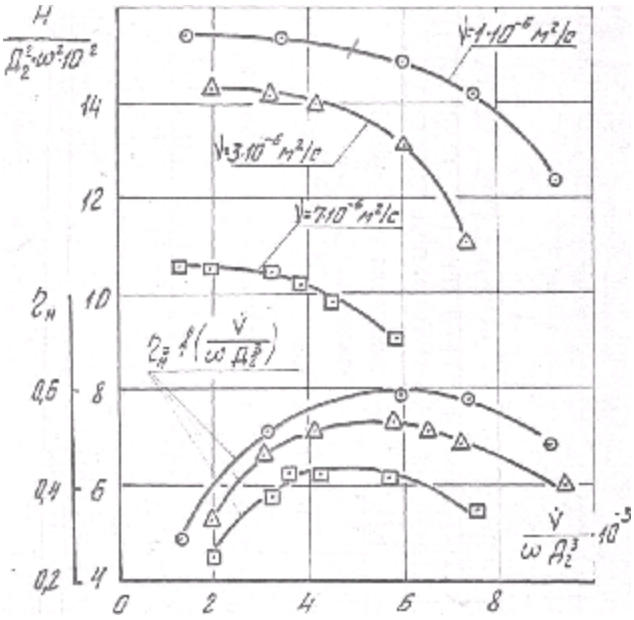


Рис. 1. Энергетические характеристики насосов при испытании на различных жидкостях

Для уточнения влияния пограничного вязкого слоя на эффективное проходное сечение каналов РК проведены исследования на разных жидкостях при изменении ширины канала РК. Характерные кривые КПД при испытании НМБ на воде для трех значений ширины канала b_2 приведены на рис. 2. Сравнивая кривые $\eta_{\text{н}} = f\left(\frac{\dot{V}}{\omega} D_2^3\right)$ (рис. 1, 2), можно увидеть, что увеличение вязкости отражается на изменении КПД насоса адекватно уменьшению величины b_2 РК.

Вязкость рабочей жидкости оказывает существенное влияние на выбор оптимальных параметров РК. Оптимизация влияющих на КПД насоса параметров с целью достижения наибольшей величины КПД, с учетом полученных теоретических зависимостей, привела к необходимости анализа взаимного влияния таких параметров насоса,

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке гранта АВЦП РНП ВШ № 2.1.2/802.

как ω, b_1, b_2, $\beta_{1\wedge}$, $\beta_{2\wedge}$, $D, z,$ которые связаны с диффузорностью РК зависимостью

$$\bar{W} = \frac{b_2(\pi D_2 - z\tau_2)\sin\beta_{2\wedge}}{b_1(\pi D_1 - z\tau_1)\sin\beta_{2\wedge}}. \qquad (1)$$

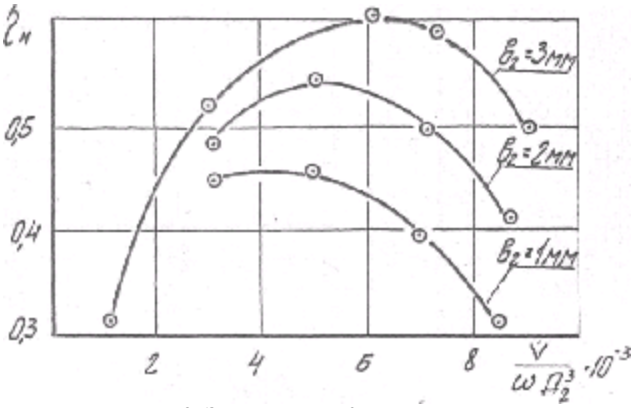


Рис. 2. Зависимость КПД от расхода при различной ширине рабочего колеса

С учетом работы [2], соответствующих значений площади вытеснения на входе и выходе РК, просчитаны значения степени диффузорности при изменении вязкости жидкости $\nu = 1\cdot10^{-6}...1\cdot10^{-4}$ м^2/с и получено выражение, позволяющее проводить предварительную оценку изменения степени диффузорности РК:

$$\bar{W} = 1{,}17 + 0{,}29\bar{\nu} - 1{,}78\cdot10^{-3}\,\nu^{-2}, \qquad (2)$$

где

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{\nu_{эт}};\left(\nu_{эт} = 1\cdot10^{-6}, \text{м}^2/\text{с}\right).$$

Расчетные значения $\bar{W}$ хорошо согласуются с известными экспериментальными данными, которые обобщены автором в работе [3] и подтвердили работоспособность насосов в широком диапазоне изменения степени диффузорности (рис. 3). При расчете напорных характеристик насоса с воды на натурную (вязкую) жидкость обычно используется соотношение Д. Я. Суханова:

$$H_\nu = K_\text{н} H, \qquad (3)$$

где H и H_ν – напор насоса, соответственно, на воде и вязкой жидкости, при одинаковых объемных расходах $\dot{V} = \dot{V}_\nu$. Имеющаяся зависимость в работе [4]

$$K_\text{н} = \frac{H_\nu}{H} = f(\text{Re}); \qquad \left(\text{Re} = \frac{\dot{\omega}}{4}\frac{D_2^2}{\nu}\right),$$

получена при обобщении испытаний только насосов с закрытыми РК и ограничена диапазоном исследований по числу Re $\geq 0{,}9\cdot10^4$.

Для проверки влияния вязкости на энергетические характеристики насосов с малым n_s выбраны водоглицериновые растворы, создан стенд с системой измерения и методика проведения испытаний. В целях расширения диапазона исследований по числу Re, характерного для работы малых насосов на жидкостях с повышенной вязкостью с РК различного типа (закрытые, полуоткрытые, открытые), проведены испытания на реальных компонентах при изменении вязкости варьированием температуры жидкости и на водоглицериновых растворах в диапазоне $\nu = 1\cdot10^{-3}...0{,}3\cdot10^{-6}$ м^2/с.

Испытания проводились при ω = 500…1 500 рад/с с рабочими колесами $\bar{D}_1$ = 0,4…0,6. При этом $D_{1пр}$ = 6…20 мм и $\frac{\dot{V}}{\omega}$ = (0,5…5) · 10^{-7} м^3. Диапазон режимов работы насосов по числу Re изменялся от 4 · 10^5 до 127.

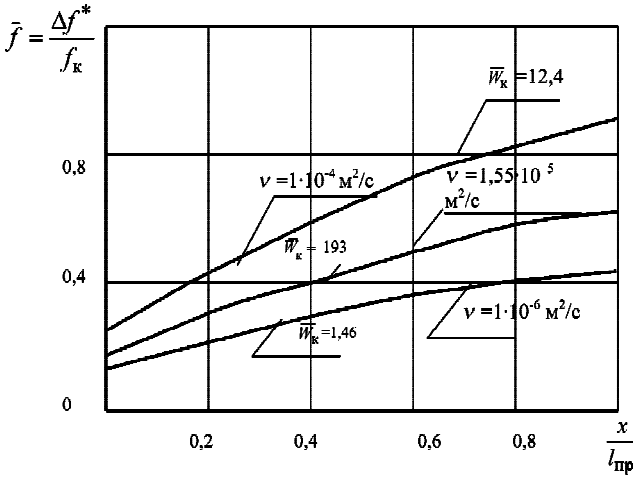


Рис. 3. Изменение площади вытеснения по длине канала РК для ряда рабочих жидкостей

Рассмотрим экспериментальные зависимости, характеризующие влияние числа Re на энергетические параметры насосов. С обобщением опытных данных [4; 5], полученные при испытании малооборотных (n_s = 80…120) и высокооборотных (n_s = 30…65) насосов, которые обобщаются общей зависимостью для насосов с закрытыми РК в диапазоне чисел Re = 10^3…3 · 10^5 в виде

$$\lg\text{Re} = 17{,}18K_\text{н}^2 - 21{,}65K_\text{н} + 10, \qquad (4)$$

при Re $\geq$ 3 · 10^5 наступает режим автомодельности, и значение $K_\text{н}$ = 1. Для закрытых РК коэффициент влияния вязкости на напор будет

$$K_\text{н} = \frac{21{,}65 + \sqrt{468{,}7 - 68{,}72(10 - \lg\text{Re})}}{34{,}36}. \qquad (5)$$

Результаты испытаний насосов с открытыми и полуоткрытыми РК, с учетом работы [6], в диапазоне изменения числа Re = 1,5 · 10^3…3 · 10^5 обобщаются зависимостью

$$\lg\text{Re} = 7{,}02K_\text{н}^2 - 5{,}85K + 4{,}3, \qquad (6)$$

откуда значение коэффициента влияния вязкости на напор запишется следующим образом:

$$K_\text{н} = \frac{5{,}85 + \sqrt{34{,}2 - 28{,}08(4{,}3 - \lg\text{Re})}}{14{,}04}. \qquad (7)$$

Следует отметить, что возрастание вязкости, соответствующее снижению числа Re до 217, привело к уменьшению напора до 60 % ($K_\text{н}$ = 0,408), что обусловливает новые подходы в проектировании и испытании НМБ.

Кроме влияния на напор, возрастание вязкости жидкости изменяет мощностные параметры насоса, уменьшая его КПД. Зависимость КПД насоса от вязкости подаваемой жидкости получена автором в следующем виде:

$$\eta_\text{н} = \eta_{эт}\left(\frac{\nu_{эт}}{\nu}\right)^{0{,}05}, \qquad (8)$$

где $\eta_\text{н}$ – КПД насоса при работе на реальной жидкости; $\eta_{эт}$ – КПД этанолового насоса при работе на воде при температуре 20 °С (ν = 1 · 10^{-6} м^2/с).

Анализ испытания НМБ на водоглицериновых растворах и при работе на одной рабочей жидкости (ЛЗ-ТК-2) с изменением величины кинематического коэффициента вязкости, вследствие увеличения температуры ЛЗ-ТК-2 от –90 до +60 °С, подтвердили приемлемость выражения (8) для учета изменения энергетических характеристик насосов [5]. Это позволяет проводить многовариантные расчеты с анализом их работоспособности в экстремальных условиях эксплуатации КА, где вязкость теплоносителя изменяется в процессе работы.

С учетом формулы (2) величина мощности, потребляемая насосом при изменении плотности и вязкости жидкости, по сравнению с номинальными параметрами будет равна

$$N = \frac{K_{\text{н}}\rho N_{\text{ном}}\nu^{0,05}}{K_{\text{н ном}}\rho_{\text{ном}}\nu_{\text{ном}}^{0,05}}. \qquad (9)$$

КПД насоса определится следующим образом:

$$\eta_{\text{н}} = \frac{\rho N_{\text{ном}}\eta_{\text{ном}}K_{\text{н}}}{\rho_{\text{ном}}N}. \qquad (10)$$

Выражение (10) позволяет оценить КПД насоса с учетом изменения вязкости рабочей среды при известных номинальных значениях его параметров на модельной рабочей жидкости, в качестве которой принята вода при температуре 20 °С.

При подаче насосом жидкость нагревается вследствие потерь энергии на трение в проточной части насоса и в элементах вспомогательного гидравлического тракта, например, в торцовой щели, подшипниках, гидродинамических и контактных уплотнениях.

Важное значение приобретает учет изменения вязкости жидкости при расчете НМБ, работающем в замкнутом контуре, например, в составе БИП, БИМ и др. В начальный период работы насоса температура жидкости в его проточной части ниже, чем после выхода на установившийся тепловой режим, и разница может достигать 100 °С и более. Поэтому в начальный период работы насоса мощность лопаточного и дискового трения, потери мощности в уплотнениях при постоянных параметрах насоса $\dot{V}$ и ω будут больше, чем на установившемся режиме. Выполненные расчеты по программам [6; 7] показывают, что потери мощности на трение в проточной части насоса в начальный период работы по сравнению с установившимся тепловым режимом могут отличаться в несколько раз, что необходимо учитывать при расчете не только самого насоса, но и его привода. Следовательно, необходимо проводить многовариантные расчеты параметров НМБ на все периоды его работы с учетом изменения температуры жидкости. Для установившегося теплового режима работы при расчете напора, мощности и КПД следует учитывать не только значение температуры жидкости, подводимой на вход насоса, но и ее подогрев при течении по каналам тракта, а также параметры насоса при испытании на модельной жидкости с учетом пониженных по угловой скорости режимов испытаний.

Библиографический список

1. Краева, Е. М. Особенности центробежных насосов с малым коэффициентом быстроходности / Е. М. Краева, В. П. Назаров // Проблемы и перспективы развития двигателестроения : сб. науч. тр. международ. науч.-техн. конф. Самара, 2003. С. 92–94.

2. Гидродинамика пространственного потока и экспериментальные исследования его параметров в поле центробежных сил : отчет по НИР / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т ; исполн. : Е. М. Краева. Красноярск, 2008, 50 с. № ГР-1826.2008.8.

3. Краева, Е. М. Высокооборотные насосы аэрокосмических систем малого расхода / Е. М. Краева ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2005.

4. Высокооборотные лопаточные насосы / Б. И. Боровский, Н. С. Ершов, Б. В. Овсянников и др. ; под ред. Б. В. Овсянникова, В. Ф. Чебаевского. М. : Машиностроение,1975.

5. Краев, М. В. Малорасходные насосы авиационных и космических систем / М. В. Краев, Б. В. Овсянников, В. Л. Лукин. М. : Машиностроение. 1985.

6. Расчет высокооборотного центробежного насоса с открытым рабочим колесом : программа для ЭВМ. 18.02.2005 / М. В. Краев, И. Ю. Боровков, Е. М. Краева и др. М., 2005. № 2005610460.

7. Расчет высокооборотного центробежного насоса с полуоткрытым рабочим колесом : программа для ЭВМ от 11.01.2005 / М. В. Краев, И. Ю. Боровков, Е. М. Краева и др. М., 2005. № 2005610028.

E. M. Kraeva

TO THE OPERATIONAL PARAMETERS CALCULATION OF CENTRIFUGAL PUMPS OF SMALL RAPIDITY

Features of operational parameters calculation of centrifugal pumps of small rapidity are considered during the work with various working liquids in a wide range of viscosity change. Dependences for parameters recalculation of the pumps received at modeling tests for operational parameters are resulted.

Keywords: centrifugal pump, model viscosity, parameters, power, pressure.

УДК 629.735.064

О. Г. Бойко

НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПРАВНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ЭКСПЛУАТАНТАМИ

Рассматривается возможность оптимизации режимов диагностирования изделий авиационной техники. Разработана методика анализа режимов диагностирования, основанная на использовании дифференциальных уравнений Колмогорова.

Ключевые слова: функциональные системы, режимы диагностирования, система уравнений, граф состояний.

Диагностирование авиационной техники преследует решение двух задач. При эксплуатации агрегатов самолета по фактическому техническому состоянию осуществляется периодический либо непрерывный контроль их параметров с целью прогнозирования интервала работы до достижения предотказного состояния. Диагностические проверки выполняются чаще в структуре периодических форм технического обслуживания.

Вполне естественно желание исследователей оптимизировать периодичность диагностирования и проверок. При техническом обслуживании с контролем параметров периодичность диагностирования связана с предотказным допуском на эти параметры. Чем больше периодичность диагностирования, тем больше предотказный допуск, и агрегат будет отправлен в ремонт при большем значении недоиспользованного ресурса. Недоиспользование ресурса агрегата и выполнение работ по диагностированию связаны с затратами средств эксплуатантом. Кроме того, выполнение диагностирования увеличивает простои самолета на техническом обслуживании.

Известен метод оптимизации периодичности диагностирования и величины предотказного допуска, которому присвоено наименование метода экранов [1]. Применение метода сопряжено с необходимостью построения распределения диагностического параметра при значении времени налета самолета, соответствующего каждому моменту диагностирования, а также распределения моментов времени достижения диагностическим параметром предотказного значения и значения, принимаемого за отказ. Построение этих распределений крайне затруднительно, а по статистическим материалам эксплуатантов и невозможно.

Диагностические проверки функциональных систем выполняются с целью выявления неисправных и отказавших агрегатов, что существенно уменьшает долю отказов из их общего потока, проявляющихся в полете.

В данном случае цель диагностирования существенно отличается от диагностирования агрегата, обслуживаемого по состоянию с контролем параметров, а его оптимизация методом экранов становится неосуществимой.

Построение метода оптимизации основывается на использовании статистической информации о параметрах процесса технического обслуживания и эксплуатационных характеристиках агрегатов и рассматриваемой информационной системы в целом. К параметрам системы технического обслуживания в задаче оптимизации относятся следующие: периодичность контроля $\tau_п$, продолжительность контроля $\tau_к$, длительность устранения отказов и неисправностей $\tau_{уст}$ и соответствующие им стоимостные характеристики. В качестве характеристик агрегатов и систем принят параметр потока отказов и неисправностей системы ω и составляющие его параметры потока отказов и неисправностей, выявляемые при проверках $\omega_к$ и в полете $\omega_п$.

Функционирование рассматриваемой функциональной системы и системы ее технического обслуживания в условиях стационарности процесса предложено представить в виде размеченного графа состояний (рис. 1).

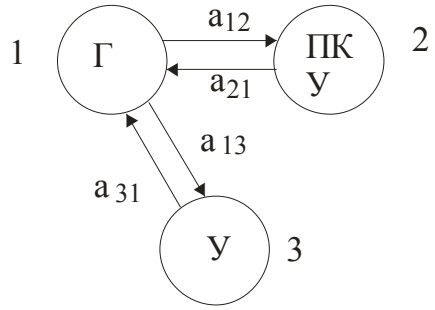


Рис. 1. Граф состояний системы с периодическим контролем: *1* – состояние готовности (исправности) реализуется в полете и во всех других случаях обеспечения коммерческого использования самолета; *2* – состояние проверок при периодическом техническом обслуживании включает устранение отказов и неисправностей, выявленных при проверках; *3* – состояние устранения отказов и неисправностей, выявленных в полете и отмеченных в замечаниях экипажа

Вероятности пребывания системы в рассматриваемых состояниях могут быть определены из решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(a_{12}-a_{13})P_1(t)+a_{21}P_2(t)+a_{31}P_3(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= a_{12}P_1(t)-a_{21}P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= a_{13}P_1(t)-a_{31}P_3(t) \end{aligned}\right\}. \quad (1)$$

Интенсивности переходов a_{ij} выражаются через параметры системы технического обслуживания и характеристики агрегатов рассматриваемой функциональной системы следующим образом:

$$a_{12} = \tau_п^{-1}$$

$$a_{21} = (\tau_к + \omega_к \tau_{уст})^{-1} \quad (2)$$

$$a_{13} = \omega_п$$

$$a_{31} = \tau_{уст}^{-1}$$

$$\omega_к = \omega(1 - \tau_п \omega)$$

$$\omega_п = \omega - \omega_к.$$

Подставив систему (2) в систему (1), получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= -\left(\tau_п^{-1} - \omega_п\right)P_1(t) + \left(\tau_к + \omega_к\tau_{уст}\right)P_2(t) + \tau_{уст}^{-1}P_3(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= \tau_п^{-1}P_1(t) - \left(\tau_к + \omega_к\tau_{уст}\right)^{-1}P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \omega_п P_1(t) - \tau_{уст}^{-1}P_3(t) \end{aligned}\right\}. \quad (3)$$

В условиях стационарного процесса эксплуатации система (3) преобразуется в систему алгебраических уравнений:

$$\left.\begin{aligned} -\left(\tau_п^{-1} - \omega_п\right)P_1 + \left(\tau_к + \omega_к\tau_{уст}\right)^{-1}P_2 + \tau_{уст}^{-1}P_3 &= 0 \\ \tau_п^{-1}P_1 - \left(\tau_к + \omega_к\tau_{уст}\right)^{-1}P_2 &= 0 \\ \omega_п P_1 - \tau_{уст}^{-1}P_3 &= 0 \end{aligned}\right\}. \quad (4)$$

Система уравнений (4) решается относительно p_i совместно с условием нормирования

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1. \quad (5)$$

Решение для состояния *1* (рис. 1) имеет следующий вид

$$P_1 = \frac{1}{1 + \dfrac{\tau_п^{-1}}{\left(\tau_к + \omega_к\tau_{уст}\right)^{-1}} + \dfrac{\omega_п}{\tau_{уст}^{-1}}}. \quad (6)$$

В работе [2] для решения задачи оптимизации режима диагностических проверок (периодичности и продолжительности) записывается матрица интенсивности переходов и матрица доходов (затрат), задаются варианты этих матриц и отыскивается их совместное решение методом ускоренного поиска решения. Такой путь достаточно громоздкий, но для систем, реализующихся в эксплуатации, при большом числе состояний (более 4-х) и столь же большом числе характеристик агрегатов и параметров системы технического обслуживания, он может оказаться единственно возможным.

В рассматриваемом случае система имеет три состояния, и при ряде предпосылок приемлемое решение может быть получено из анализа зависимостей вероятностей пребывания системы в различных состояниях. К предпосылкам можно отнести тот факт, что при стационарном процессе эксплуатации в системах самолета отказывает ограниченный перечень агрегатов – от 1 до 5 в одной системе. В связи с этим технический персонал, за редким исключением, быстро обнаруживает и устраняет отказ путем замены агрегата. Проверки систем входят в структуру работ основной периодической формы технического обслуживания, и, следовательно, известна их периодичность в интервале от 300 до 600 ч в зависимости от типа самолета. Выводить самолет из эксплуатации специально для проверок систем нецелесообразно из экономических соображений.

При бытовавшей ранее административно-командной системе управления качество работы инженерно-авиационных служб авиапредприятий определялось по максимальному значению вероятности P_1 исправности самолетного парка. При этом затраты были на втором месте. В условиях рыночной экономики каждая авиакомпания имеет возможность определить для себя значение P_1, исходя из загруженности самолетов в обеспечении рейсов по расписанию с учетом сезонности.

В диапазоне высоких значений безотказности функциональной системы ($\omega = 10^{-3}...10^{-4}$) изменение параметра потока отказов слабо влияет на вероятность нахождения самолета в исправном состоянии (рис. 2). Это влияние усиливается для малонадежных систем. Периодичность проверок (рис. 3) в реально допустимом диапазоне от 300 до 1 000 ч также оказывает слабое влияние на P_1 как при высоких, так и при низких значениях безотказности.

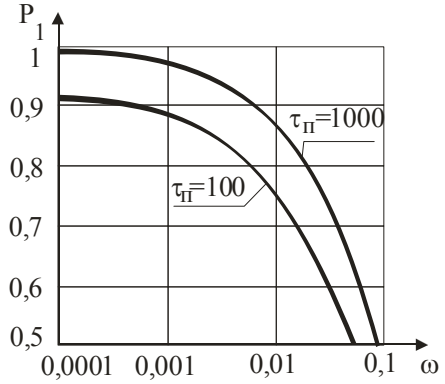


Рис. 2. Влияние параметра потока отказов на вероятность готовности изделия

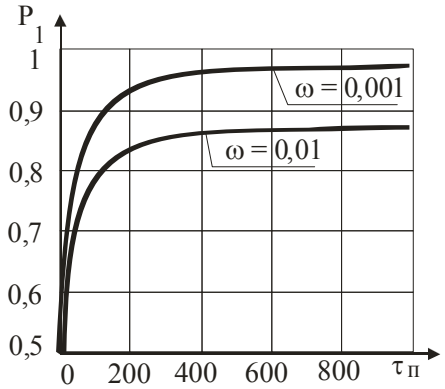


Рис. 3. Зависимость вероятности готовности изделия от периодичности проверок

Длительность устранения отказов и неисправностей $\tau_{уст}$ (рис. 4) существенно влияет на P_1. Это влияние особенно усиливается с увеличением параметра потока отказов системы. Естественно, эксплуатанты должны повышать качество технического обслуживания с целью увеличения безотказности систем. Но здесь следует помнить, что безотказность закладывается разработчиком самолета, заложенный уровень безотказности обеспечи-

вается изготовителями агрегатов систем, а эксплуатант может только поддерживать этот уровень.

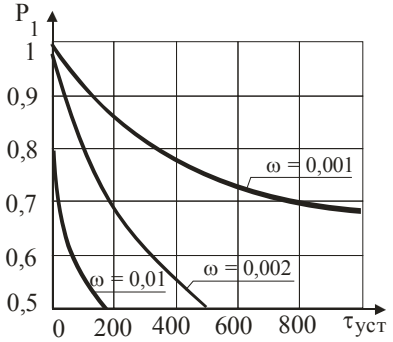


Рис. 4. Зависимость вероятности готовности изделия от длительности устранения отказов

Таким образом, эксплуатантам в системе управления затратами на техническое обслуживание доступно управление только двумя переменными: поддержанием безотказности (заданного ω) и сокращением времени устранения отказов и неисправностей.

Библиографический список

1. Емелин, Н. М. Отработка систем технического обслуживания летательных аппаратов / Н. М. Емелин. М. : Машиностроение, 1995.

2. Емелин, Н. М. Определение периодичности диагностирования сложных систем при их техническом обслуживании по фактическому состоянию / Н. М. Емелин // Надежность и контроль качества. 1990. № 8. С. 57–60.

O. G. Boyko

DIRECTIONS OF THE EXPLOITER AIRPLANES IN GOOD CONDITION MAINTENANCE PROBLEM SOLUTION

The possibility of the aviation technique diagnose regimes optimization is viewing. The method of the diagnose regimes analysis based upon Kolmogorov differential equations is developed.

Keywords: functional systems, diagnostication moods, equation system, state graph.

УДК 662.23

Т. И. Горбенко

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ НИТРАТА АММОНИЯ[1]

Проведен термодинамический анализ энергетических возможностей смесевых твердых топлив. Особое внимание уделено поиску путей повышения баллистической эффективности твердого топлива на основе нитрата аммония и установлению реальных пределов, которые может обеспечить химия высокоэнергетических компонентов. Экспериментально показано влияние каталитических добавок на способность к самостоятельному горению топлива на основе нитрата аммония при атмосферном давлении и возможность увеличения скорости горения топлива.

Ключевые слова: смесевое твердое топливо, нитрат аммония, нанодисперсный порошок алюминия (Alex), стационарная скорость горения, коэффициент избытка окислителя.

Одной из основных проблем при разработке высокоэнергетических *смесевых твердых топлив* (СТТ) на основе бесхлорных окислителей является расширение пределов регулирования их баллистических характеристик. Представляет большой интерес как с экологической, так и экономической точки зрения использование нитрата аммония (НА) для создания высокоэнергетических топлив. Интерес к использованию нитрата аммония в перспективных высокоэнергетических топливах обусловлен тем, что он является полностью газифицируемым, производит чистые и бездымные продукты сгорания, является дешевым, доступным и экологически безопасным энергетическим материалом. Применение нитрата аммония в составе перспективных высокоэнергетических топлив связано с проблемой управления процессом их горения. На характеристики горения оказывают существенное влияние низкая реакционная способность металлических горючих, продуктов разложения и горения

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 2008-3-1.3-26-01 по теме «Полимерные нанокомпозиты повышенной эффективности для двигательных установок и газогенераторов различного назначения», выполняемой в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 гг.».

НА, поведение горючего-связующего (ГСВ) в волне горения. В научных работах достаточно полно изучен механизм горения чистого НА и композиций на его основе [1–3]. Известно, что топлива на основе нитрата аммония с инертным горючим-связующим не способны к самостоятельному горению при давлении ниже 2 МПа. Перспективными направлениями регулирования баллистических характеристик нитратаммониевых топлив являются следующие: использование модифицированного НА, не имеющего фазовых переходов в интервале температур от –50 до +50 °С и обладающего повышенной реакционной способностью продуктов его разложения; использование активного органического горючего-связующего и нанодисперсного порошка алюминия; использование каталитических добавок. Однако имеющихся данных по влиянию таких энергетических компонентов на механизм горения нитратаммониевых топлив недостаточно.

Целью данной работы является разработка эффективных рецептур нитратаммониевых топлив с высоким удельным импульсом, экологически безопасными продуктами сгорания, технологичных при изготовлении.

Особое внимание в работе уделено поиску путей повышения баллистической эффективности твердого топлива на основе нитрата аммония и установлению реальных пределов, которые может обеспечить химия высокоэнергетических компонентов. С учетом особенностей создания высокоэнергетических топлив на основе НА исследованы следующие направления воздействия на процессы энерговыделения в волне горения:

– выбор термодинамически выгодного соотношения компонентов, обеспечивающих высокий удельный импульс и технологичность при изготовлении;

– использование активного горючего-связующего;

– подбор модификаторов горения;

– изменение удельной поверхности алюминия путем замены микроразмерного алюминия на нанодисперсный;

– подбор эффективного содержания нанодисперсного алюминия в топливе.

В работе рассмотрена топливная система «окислитель–органическое горючее-связующее–алюминий». В качестве активного горючего-связующего использовался метилполивинил-тетразол, пластифицированный нитроэфирно-нитраминным пластификатором (МПВТ АСП), в качестве окислителя – нитрат аммония.

Термодинамический расчет энергетических характеристик топлива. Энергетические характеристики топлив, а также термодинамические и теплофизические свойства их продуктов сгорания определены термодинамическими расчетами по программе «Астра-4» (МГТУ им. Н. Э. Баумана). Исходными данными для термодинамических расчетов являются содержание компонентов (мас. %) в топливе, эквивалентные формулы компонентов и их энтальпии. Расчет компонентных составов проведен с учетом варьирования параметров – коэффициента избытка окислителя $\alpha = 0{,}8...1{,}0$, содержания алюминия (Al) $z = 5, 10, 15$ %. Вариация по б осуществлялась за счет изменения соотношения НА и активного горючего-связующего. Компонентные составы для $z = 15$ %, эквивалентные формулы и энтальпии исходных веществ ΔH представлены в табл. 1. Состав топлива при $\alpha = 1{,}0$ содержит недостаточное количество горючего-связующего для связывания кристаллического окислителя и металлической добавки. Из-за недостаточного количества ГСВ смесь может быть чрезмерно зернистой или жесткой. Из-за переизбытка ГСВ смесь может быть жидкой. Под технологичностью топливной массы понимают разработку таких топливных композиций, в которых соотношение вязких и твердых составляющих обеспечивает возможность формирования образцов, сохранение формы заряда, возможность механической обработки образца, отсутствие выкрашивания твердых компонентов из топливной матрицы, возможность нанесения на топливный образец бронировочного покрытия, разброс по плотности одного состава не более $0{,}02 \cdot 10^3$ кг/м^3. За критерий технологичности выбрано соотношение твердых и жидких компонентов топливной системы:

$$B = N_1 / N_2,$$

где N_1, N_2 – процентное содержание твердых и жидких компонентов в топливной массе соответственно. Для того чтобы топливная система имела хорошие технологические показатели, необходимо чтобы значение параметра B находилось в промежутке от 2,8 до 6.

В термодинамических расчетах дополнительно задаются значения давления в камере сгорания $p_к$ и на выходе $p_а$. Основные расчеты проведены при давлении в камере сгорания 2, 4, 6 МПа, а на выходе – 0,1 МПа. Следует отметить, что существующие программы не позволяют учитывать дисперсность компонентов. Рассчитанный удельный импульс представляет верхнее предельное значение (идеальное значение) этого параметра. Для сравнения различных топлив по энергетическим характеристикам используются значения удельного импульса. Удельный импульс является одной из основных энергетических характеристик топлива.

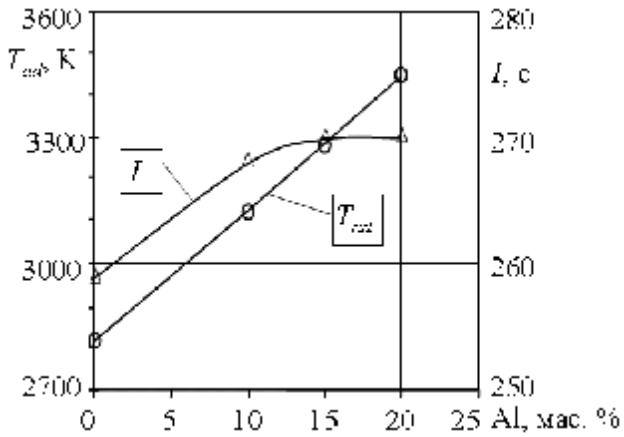
Термодинамические расчеты показали возможность формирования твердых топлив на основе НА, по энергомассовым характеристикам не уступающих известным аналогам. Увеличение содержания алюминия в топливе приводит к росту значений как адиабатической температуры горения T_{ad}, так и удельного импульса I во всем диапазоне изменения давлений и значений α. Следует заме-

Таблица 1

Компонентные составы и характеристики исходных веществ

α	Содержание компонентов, мас. % (z = 15)		Исходные вещества	Эквивалентные формулы	ΔH, кДж/кг
	НА	МПВТ-АСП			
0,8	55,1	29,9	НА	$N_{25,00}H_{50,00}O_{37,50}$	– 4 557,12
0,9	67,6	17,4	МПВТ-АСП	$C_{18,38}H_{31,10}O_{31,90}N_{16,95}$	– 1 046,67
0,95	73,0	12,0	Al	$Al_{37,04}$	0,0
1,0	78,0	7,0			

тить, что в металлизированных составах, независимо от величины z, удельный импульс снижается с ростом значений α. При фиксированном значении $\alpha = 0{,}9$ варьирование содержания алюминия от 0 до 15 мас. % за счет изменения соотношения окислителя и связки увеличивает удельный импульс от 259 с (для безметалльной системы) до 270 с при одновременном повышении значений адиабатической температуры горения (см. рисунок). Введение в рецептуру исследуемой системы алюминия от 15 до 20 мас. % не вызывает значимого изменения значений удельного импульса. Введение Al выше 20 % приводит к нетехнологичной компоновке топливной системы.



Зависимость удельного импульса I и адиабатической температуры T_{ad} от количества алюминия в топливе

Для сравнения приведены значения T_{ad} и I для составов на основе перхлората аммония (ПХА) и НА при $z = 15$ %, давлении $p_к = 4{,}0$ МПа (табл. 2). Сравнительный анализ показывает, что по значению удельного импульса нитратные составы ($\alpha = 0{,}9$) на активном ГСВ незначительно уступают составам на основе ПХА, а снижение T_{ad} на 400 К в нитратных составах по сравнению с перхлоратными способствует возможности увеличения «времени жизни» работы двигателя.

Результаты экспериментов. Технологически воспроизводимые топливные системы на основе НА и активного ГСВ, содержащие 15 мас. % Al, характеризуются коэффициентом избытка окислителя $\alpha = 0{,}8...0{,}95$. Данное значение α значительно выше, чем для нитратаммониевых топлив на инертном горючем-связующем. Использование активного горючего-связующего, содержащего кислород, позволяет повысить энергомассовые и баллистические характеристики высокоэнергетических топлив. Для проведения экспериментального исследования характеристик горения был выбран базовый состав с $\alpha = 0{,}9$, обладающий достаточно высоким удельным импульсом и отвечающий требованиям технологичности изготовления. Часть эксперимента проведена на образцах с $\alpha = 0{,}95$. Экспериментально исследовали составы, содержащие НА марки ЖВ (не имеет фазовых переходов в интервале температур от –50 до +50 °С) с размером частиц 160...315 мкм, активное горючее-связующее МПВТ АСП, имеющее коэффициент избытка окислителя $\alpha = 0{,}61$, промышленный алюминий марки АСД 4 ($S_{уд} = 0{,}51$ м^2/г) и алюминий, полученный методом электровзрыва проволочек в аргоне, марки Alex ($S_{уд} = 13{,}89$ м^2/г). При изготовлении образцов использовали смесь порошков алюминия АСД 4/Alex как соотношение 80/20, 50/50, 0/100 %. Общее количество металлического горючего в топливе составляло 15 %. Измерение стационарной скорости горения проводили при атмосферном давлении на открытом воздухе. На каждую точку сжигали 3–5 образцов. Разброс в параллельных опытах не превышал 10...15 %. Проведенные эксперименты показали, что металлизированные составы на основе НА и МПВТ АСП при значениях $\alpha = 0{,}9$ и 0,95 независимо от содержания Alex в топливе при атмосферном давлении не горят. На поверхности горения наблюдали жидкий кипящий слой НА.

Традиционным способом регулирования скорости горения СТТ является введение малых количеств веществ (до 2 мас. %), изменяющих либо температуры начала распада исходных топливных компонентов, либо процессы распада последних, либо течение реакций взаимодействия продуктов распада исходных компонентов между собой или с более термостойкими компонентами топлива [4; 5]. Как правило, подбор веществ, регулирующих скорость горения топлив, проводят исходя из их влияния на термическое разложение окислителей топливных композиций, так как последние составляют до 80 мас. % топливной массы [1; 2]. Вторым компонентом по массовому содержанию в металлизированных твердых топливах является металлическое горючее (до 10...16 мас. %), поэтому нельзя исключить возможность поиска эффективных добавок среди веществ, влияющих на ход реакций взаимодействия металлического горючего с продуктами распада менее термостойких составляющих топливной композиции.

В работе исследованы практические возможности модифицирования составов на основе НА путем введения в их структуру каталитических добавок сажи, хлорида олова ($SnCl_2$) и сложной добавки сажа + $SnCl_2$ (в соотношении 1/1). Известно, что сажа обеспечивает возможность горения нитратных составов при атмосферном давлении, повышает активность предпламенных процессов, уменьшает образование жидкой фазы на поверхности горения [3]. Хлорид олова влияет на горение Alex, препятствуя образованию нитрида алюминия, увеличивая выход оксида алюминия в продуктах реакции [6]. Добавки вводили в количестве 2 мас. % сверх 100 %. Влияние смешанной добавки оценивали эффективностью K, под которой понимали отношение скоростей горения металлизированного состава с добавкой сажа + $SnCl_2$ к метал-

Таблица 2

Сравнение термодинамических параметров топливных систем

НА+МПВТ-АСП+Al			ПХА+МПВТ-АСП+Al		
α	T_{ad}, К	I, с	α	T_{ad}, К	I, с
0,85	3 326	271	0,8	3 705	277
0,9	3 289	270	0,9	3 687	273

лизированному составу с добавкой сажи при прочих равных условия. Стационарная скорость горения исходного состава на основе НА и смешанного металлического горючего, а также составов с добавкой сажи, хлорида олова и сложной добавкой сажа + $SnCl_2$, эффективность сложной добавки *K* приведены в табл. 3.

Получено, что при $\alpha = 0,9$ в присутствии сажи, являющейся катализатором разложения НА, все образцы устойчиво горят при атмосферном давлении, замена АСД-4 на Alex приводит к росту скорости горения в 1,8 раза. Введение добавки $SnCl_2$ в исходные образцы с большим содержанием в смешанном металлическом горючем АСД-4 не привело к зажиганию образцов. В образцах, содержащих АСД-4 и Alex в соотношении 1/1, добавка $SnCl_2$ обеспечила скорость горения образцов порядка 1,31 мм/с, что в 1,7 раза больше скорости горения аналогичных образцов с сажей. Добавка $SnCl_2$ не является катализатором нитрата аммония, но влияет на ход реакций взаимодействия Alex с продуктами распада менее термостойких составляющих топливной композиции. По-видимому, в присутствии добавки хлорида олова такое соотношение АСД 4 и Alex, как 1/1 обеспечивает оптимальный контакт между частицами алюминия микронного размера и частицами наноалюминия с учетом площадей удельной поверхности соответствующих частиц и обеспечивает условия теплопроводности в конденсированную фазу в процессе горения топлива. Повышение реакционной активности частиц наноалюминия по сравнению с АСД 4 в присутствии хлорида олова способствует более раннему их окислению в пределах жидко-вязкого слоя расплава нитрата аммония. При полной замене АСД-4 на Alex ($\alpha = 0,9$) в присутствии хлорида олова образцы дают кратковременную вспышку и затем гаснут. По-видимому, это связано с тем, что Alex, интенсивно прогорая в начальный момент времени, не успевает передать тепло вглубь образца, чему способствует также наличие жидко-вязкого слоя расплава нитрата аммония.

В присутствии сложной добавки сажа + $SnCl_2$, скорость горения образцов увеличивается с ростом содержания Alex. Сложная добавка приводит к увеличению скорости горения образцов, содержащих нанодисперсный алюминий, на 30 % по отношения к аналогичным образцам с сажей. Изучение влияния добавки сажа + $SnCl_2$ показало, что на фоне катализатора распада нитрата аммония – сажи, действие второй компоненты добавки усиливается по мере увеличения содержания в металлическом горючем нанодисперсного алюминия. Выявленная закономерность указывает на ведущую роль природы металлического горючего в формировании уровня скорости горения изучаемых систем. Так, если введение сажи увеличивает скорость горения систем по мере роста содержания в них Alex в 1,3 и 1,8 раза по отношению к образцам с большим содержанием в них микродисперсного алюминия АСД-4, то дополнительное введение $SnCl_2$ на фоне сажи приводит к росту скорости горения в 1,4 и 2,2 раза соответственно. Эффективность сложной добавки увеличивается с ростом содержания Alex. По данным дифференциального термического анализа добавка хлорида олова не оказывает влияния на температуру разложения АСД-4, а температуру начала разложения Alex снижает с 773 до 513 К (табл. 4) [7].

Исследование горения составов с $\alpha = 0,95$ показало неустойчивость воспламенения образцов как в присутствии сажи, так и в присутствии сложной добавки сажа + + $SnCl_2$. Снижение содержания активного горючего-связующего в топливе за счет повышения содержания НА привело к снижению реакционной способности топливной композиции в целом. Из данных дифференциального термического анализа (табл. 4) видно, что температурный интервал разложения органического связующего

Таблица 3

Скорость горения нитратаммониевых составов, содержащих смешанное металлическое горючее

№ состава	Содержание АСД-4/Alex, мас. %	Скорость горения, при 0,1 МПа, мм/с				
		Исходная	Сажа	$SnCl_2$	Сажа + $SnCl_2$ (1/1)	*K*
$\alpha = 0,9$						
1	12/3	не горит	0,60	не горит	0,60	1,0
2	7,5/7,5	не горит	0,79	1,31	0,84	1,1
3	0/15	не горит	1,07	вспышка	1,34	1,3
$\alpha = 0,95$						
4	12/3	–	не горит	–	не горит	–
5	7,5/7,5	не горит	0,87	–	–	–
6	0/15	не горит	не горит	–	1,9	–

Таблица 4

Результаты дифференциального термического анализа

Система	Температура разложения, К		
	Начало	50,0 мас. %	100,0 мас. %
НА	443	533	553
АСД-4	1 063	–	–
Alex	773	1 023	–
АСД-4 + 2 % $SnCl_2$	1 056	–	–
Alex + 2 % $SnCl_2$	513	863	–
МПВТ-АСП	385	449	673

МПВТ-АСП достаточно широк (385...673 К), включая термическое разложение НА и Alex в присутствии добавки хлорида олова. Активное связующее МПВТ-АСП пластифицирован нитроэфирно-нитраминным пластификатором (ДИНА). При термическом разложении ДИНА распадается с выделением оксида азота NO_2, который является сильным окислителем. Возможно, на активном ГСВ скорость горения нитратаммониевых топлив определяется скоростью и температурным интервалом распада самой связки. Таким образом, проведенные расчеты компонентного состава и энергетических характеристик топлив, экспериментальные исследования показали, что повышенной реакционной способностью будут обладать технологически воспроизводимые составы при значении $0,85 < \alpha \le 0,9$. Результаты экспериментов впервые показывают целесообразность проведения подбора добавок не только по влиянию на окислитель, но и по влиянию на металлическое горючее.

При полном сгорании образцов наблюдали образование шлаков в виде пористого каркаса, состоящего из алюмосодержащих образований и сажи. Результаты определения массы шлаков от содержания Alex в смешанном металлическом горючем, отнесенной к начальной массе образцов при сжигании, приведены в табл. 5. Приведенные результаты показывают, что добавка $SnCl_2$ практически не влияет на формирование твердых веществ. Увеличение скорости горения топливных смесей за счет замены в смешанном металлическом горючем микроразмерного алюминия на Alex приводит к уменьшению массы шлаков независимо от типа добавки.

Для сравнения приведены скорости горения состава на основе нитрата аммония на активном горючем-связующем МПВТ АСП и составов на основе исходного перхлората аммония и двойного окислителя ПХА/октоген на инертном горючем-связующем СКДМ 80, содержащих 15 мас. % Alex (табл. 6).

Данные, представленные в табл. 6, свидетельствуют о том, что применение активного горючего-связующего позволяет заменить традиционный окислитель перхлорат аммония в СТТ на бесхлорный окислитель нитрат аммония, при этом обеспечивается высокое значение коэффициента избытка окислителя топливной системы в целом, приемлемый комплекс эксплуатационных и энергомассовых характеристик, а также полнота сгорания дисперсного алюминия.

Таким образом, в работе показана практическая возможность влияния сажи и сложной добавки сажа + $SnCl_2$ на способность к самостоятельному горению металлизированных составов на основе нитрата аммония и активного горючего-связующего при атмосферном давлении.

Добавка сажи в топливо обеспечила устойчивое зажигание и полное сгорание образцов при атмосферном давлении без заметного образования жидкой фазы на поверхности горения независимо от состава смешанного металлического горючего.

Увеличение содержания Alex в смешанном металлическом горючем приводит к снижению времени задержки зажигания образцов, росту скорости горения, уменьшению массы шлаков при полном сгорании образцов независимо от типа используемой добавки. Проведенные эксперименты показали возможность эффективного управления процессом горения нитратаммониевых топлив при атмосферном давлении.

Полученный экспериментальный материал позволяет наметить новый подход к выбору каталитических добавок, эффективно влияющих на формирование уровня скорости горения металлизированных нитратаммониевых твердых топлив, в особенности содержащих нанодисперсный алюминий.

Библиографический список

1. Глазкова, А. П. Катализ горения взрывчатых веществ / А. П. Глазкова. М. : Наука, 1976.

2. Манелис, Г. Б. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов / Г. Б. Манелис, Г. М. Назин, Ю. И. Рубцов, В. А. Струнин. М. : Наука, 1996.

3. Пути решения применения нитрата аммония в смесевых твердых топливах / Г. Я. Павловец, Ю. М. Милехин, В. Ю. Мелешко и др. // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. М., 2004. Вып. 2 (39). С. 15–19.

4. Бахман, Н. Н. Горение гетерогенных конденсированных систем / Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев. М. : Наука, 1967.

5. Андреев, К. К. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ / К. К. Андреев. М. : Наука, 1966.

Таблица 5

Влияние содержания Alex при горении топлив на массу шлаков

№ состава	Содержание АСД-4/Alex, мас. %	Относительная масса шлаков, %, при 0,1 МПа	
		Сажа	Сажа + $SnCl_2$ (1/1)
$\alpha = 0,9$			
2	7,5/7,5	17,6	18,2
3	0/15	15,6	16,5

Таблица 6

Скорость горения при 0,1 МПа

u, мм/с	Составы		
	НА + МПВТ АСП + + сажа + $SnCl_2$(1/1) + +15 % Alex ($\alpha = 0,9$)	ПХА + СКДМ-80 + +15 % Alex ($\alpha = 0,7$)	ПХА/октоген (1/1) + СКДМ-80 + +15 % Alex ($\alpha = 0,5$)
	1,34	2,13	1,71

6. Ильин, А. П. Горение алюминия и бора в сверхтонком состоянии / А. П. Ильин, А. А. Громов. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002.

7. Синогина, Е. С. Изучение воспламенения горения высокоэнергетических материалов на основе бесхлорных окислителей : дис. … канд. физ.-мат. наук / Е. С. Синогина. Томск : ТГУ. 2006.

T. I. Gorbenko

ADJUSTMENT OF POWER PERFORMANCES OF PROPELLANT BASED ON AMMONIUM NITRATE

Thermodynamic analysis of power performances of compound solid propellant is given. The main emphasis is given on the ways of increasing the solid propellant efficiency based on ammonium nitrate and determination limits chemistry of high-power compounds can give. The influence of catalytic admixtures on the propellant ability to burn independently at atmospheric pressure is shown. The capabilities to increase the burning rate of propellant are considered.

Keywords: compound solid propellant, ammonium nitrate, ultra fine aluminum powder (Alex), steady-state burning rate, oxidizer superfluity coefficient.

УДК 621.385.6

Н. А. Тестоедов, И. В. Трифанов, И. В. Стерехов, Л. И. Оборина, Т. А. Трифанова

РАЗРАБОТКА АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ДИАПАЗОНА КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ[1]

Рассмотрены основные направления разработки антенно-фидерных устройств диапазона крайне высоких частот (КВЧ).

Ключевые слова: элементная база, антенно-фидерное устройство, система спутниковой связи, облучатель, диапазон частот, радиотехнические характеристики, электроиспытания.

Элементная база антенно-фидерных устройств (АФУ) КВЧ-диапазона может быть использована для создания устройств дефектоскопии и радиовидения, систем построения радиоизображений трехмерных объектов, устройств сверхвысокочастотной (СВЧ) диагностики плазмы, а также для производства и применения медицинской аппаратуры с использованием фокусировки в локальную область заданной формы, высокоразрешающих радиообъективов и других приборов контроля и обнаружения [1].

С освоением КВЧ-диапазона спутниковая связь получит огромный потенциал для широкого круга новых областей применения: подвижной персональной связи, широкополосного доступа к Интернету, мультимедийного широкого вещания, высокоскоростного обмена корпоративной информацией, определения местоположения абонентов мобильной связи. В каждом классе услуг спутниковая связь, работающая в КВЧ-диапазоне и в других уже освоенных диапазонах, будет способна обеспечить более высокое качество сервиса при сопоставимой стоимости по сравнению с наземными сетями. Высокое качество сервиса будет достигаться за счет широкополосности каналов, экономичности абонентских станций и простых пользовательских интерфейсов [2].

Это тенденция обусловлена явными преимуществами КВЧ-диапазона (30...300 ГГц). К ним относится более высокая разрешающая способность радиолокационных систем, более высокое быстродействие и большое количество каналов связи, возможность применения сверхширокополосных сигналов, меньшие габариты и масса аппаратуры [3].

По сравнению с оптическим, КВЧ-диапазон также имеет преимущества, такие как уверенное прохождение электромагнитного излучения в окнах прозрачности при любых погодных условиях. Наличие определенных полос поглощения миллиметровых волн в атмосфере позволит обеспечить электромагнитную совместимость радиоэлектронных средств и скрытность связи между объектами в космосе [3].

Следует отметить, что мировая индустрия телекоммуникаций уже сегодня становится важнейшим фактором развития сетевой экономики как основы постиндустриального общества. Отечественная спутниковая связь, работающая в КВЧ-диапазоне, позволит расширить возможности интеграции России в мировые структуры сетевой экономики XXI в. и создать надежную единую систему спутниковой связи для решения различных задач [4].

[1] Работа выполнена при финансировании работ по гранту РНП 3172/11-09.

На некоторых частотах, совпадающих с полосами атмосферного поглощения электромагнитных колебаний КВЧ-диапазона, проявляются энергоинформационные взаимодействия между биологическими объектами различного уровня организации, например, диапазон $\lambda = 5$ мм очень удобен для медицинских и биологических исследований поверхностного типа. Установлено, что волны этой длины слабо проникают в человеческое тело и совершенно безопасны при небольших мощностях [3].

Использование КВЧ-диапазона для изучения вращательных и колебательно-вращательных спектров поглощения веществ открывает принципиально новые возможности изучения внутренней структуры материалов на молекулярном уровне. В настоящее время созданы новые приборы высокого разрешения (лучеводные, ЛОВ- и Фурье-спектрометры). В результате исследований в России и за рубежом изучены частотные характеристики комплексных диэлектрических постоянных многих веществ, например, полупроводниковых материалов, полярных и неполярных жидкостей. Определены и измерены константы молекул ряда веществ и коэффициенты молекулярного поглощения в чистых газах и газовых смесях [5]. С использованием измерительных и исследовательских комплексов, работающих в КВЧ-диапазоне, могут быть решены многие задачи при создании нанотехнологий.

Технологические достижения в области создания элементной базы КВЧ-диапазона будут определять уровень развития радиотехнических средств, возможности, глубину и содержание осваемого КВЧ-диапазона. Для выполнения совокупности требований необходимо проведение комплексных научно-исследовательских разработок (НИР) и опытно-конструкторских разработок (ОКР) для решения ряда сложных задач на всех этапах жизненного цикла изделий: научных исследований, конструкторских разработок, конструкторско-технологических решений, экспериментальных исследований, создания опытных технологий, стандартизации и внедрения систем, работающих в КВЧ-диапазоне.

В технологическом плане перспективные системы спутниковой связи будут характеризоваться следующими моментами:

– многообразием конфигурации спутниковых систем;

– многообразием применяемых радиоинтерфейсов;

– более широким использованием высокочастотных радиодиапазонов (Ки, Ка и др);

– развитием режимов коммутации и каналов;

– эффективной интеграцией с наземными подсистемами Интернета;

– переходом к современным стандартам обработки и распространения мультимедийной информации;

– применением широкой гаммы мобильных спутниковых терминалов, обеспечивающих доступ к услугам Интернета;

– унификацией и стандартизацией элементной базы в рамках телекоммуникационных стандартов.

Исходя из этого плана, должна создаваться элементная база радиотехнических систем, работающих в КВЧ-диапазоне.

Ключевыми свойствами перспективных систем спутниковой связи будут являться функциональные возможности и технические решения реализации высокоскоростных услуг, которые обеспечат применение спутниковой связи в массовых сегментах рынка, где наибольшее значение имеют факторы глобальности услуг, конвергенции абонентских сервисов и мультимедийности информации [4].

Одной из важных технологий создания систем спутниковой связи, работающих в КВЧ-диапазоне, является создание и широкое применение совершенных антенно-фидерных устройств и бортовых комплексов, способных обеспечить скорость передачи информации на уровне 4...16 Гбит/с, генерировать десятки или даже сотни лучей, обладать высоким уровнем перенастраиваемости с обеспечением гибкого управления радиоресурсами (мощностью сигналов, каналов передачи и т. д.).

При создании высокоэффективных антенных систем одной из главных задач является разработка и создание антенно-волноводных устройств, так как они в значительной степени определяют энергетическую эффективность антенной системы в целом [4]. Основным требованием к электрическим характеристикам антенно-волноводных устройств является достижение наиболее низкого уровня потерь, заданного уровня развязки между входами антенно-волноводного устройства, а также коэффициента стоячей волны (КСВ) в требуемых пределах (1,05...1,15) [5].

В ранее используемых диапазонах частотные разделения сигналов совмещенных антенно-волноводных устройствах осуществлялись с помощью диплексеров, реализованных на основе волноводных фильтров нижних частот. Главным требованием при выборе подходящих конструкций фильтров нижних частот для многодиапазонных фидерных трактов является достижение возможности более низкого уровня вносимых потерь и требуемого уровня заграждения в заданном диапазоне, не менее 30 дБ. Установлено, что этим требованиям наилучшим образом отвечают вафельные волноводные фильтры [5]. Они имеют широкие полосы пропускания с хорошим согласованием и малыми потерями, а также широкие полосы запирания с высоким затуханием без паразитных полос пропускания для всех типов волн. Для создания таких фильтров нижних частот (ФНЧ) используются методы радиотехнического синтеза, основанные на теории цепей, а в последнее время – на основе электродинамического моделирования и оптимизации, например, на основе метода Галеркина и метода обобщенных матриц рассеяния [5]. Ключевые задачи рассеяния решаются на базе *H*- и *E*-волн, с учетом которых рассчитываются критические частоты полей *H*- и *E*-волн многогребневого волновода с произвольным количеством гребней различных размеров. Наряду с электрическими характеристиками ФНЧ актуальным является вопрос конструктивной простоты и сокращения габаритов фильтров. Для достижения требуемых электрических и геометрических характеристик необходимо обеспечить минимальное число многогребневых секций и минимальный продольный размер фильтра.

Для оптимизации минимизируется функция вида

$$F(x) = W_p \sum_{i=1}^{N_p} \left[S_{11p} - S_{11}(f_1) \right]^2 + \\ + W_S \sum_{i=N_{p+1}}^{N_p+N_S} \left[S_{21_S} - S_{21}(f_1) \right]^2, \quad (1)$$

где N_p, N_s – количество частотных точек в полосе пропускания и в полосах заграждения соответственно; S_{11p} – требуемый уровень (S_{11}) в полосе пропускания, дБ, S_{21_S} – требуемый уровень (S_{21}) в полосе заграждения, дБ; W_p, W_S – весовые коэффициенты; $S_{11}(f_i)$, $S_{21}(f_i)$ – значения модулей элементов матриц рассеяния в соответствующих частотных точках, дБ.

Для СВЧ-диапазона *f* 14 ГГц такие фильтры могут иметь четыре пятигребневых секций длиной 27...30 мм.

При создании авторами облучателя с ребристым рупором, работающим в КВЧ-диапазоне и предназначенным для формирования СВЧ-сигнала круговой (эллиптической) поляризации как левого, так и правого направления вращения плоскости поляризации, для независимого прохождения двух ортогональных СВЧ-сигналов, поданных с входов 1 и 2, был использован диплексер. Диплексер представлял собой волноводный элемент, состоящий из двух пересекающихся под углом 90° каналов прямоугольного сечения с размером канала 3,6 × 1,8 мм и круглого диаметра 3,8 мм. В канал круглого сечения монтировалась пластина толщиной *d* мм и длиной $L = l + E$, где *E* – расчетная длина; *l* – фиксированная длина. Толщина стенок диплексера была $1{,}0^{+0{,}2}$ мм, внутренние радиусы переходов $r = 0{,}1...0{,}2$ мм в прямоугольном канале. Рупор имел поперечные канавки переменной глубины для работы облучателя круговой поляризации в широком диапазоне частот [6].

Расфазировку поля рупора в плоскости раскрыва определяли по формуле

$$\Delta = \left(r / \lambda_0\right) \operatorname{tg} \theta / 2, \qquad (2)$$

где λ_0 – длина волны в свободном пространстве; $\theta / 2$ – половина угла раскрыва рупора; *r* – радиус раскрыва. Для широкополосных рупоров рекомендуется $\Delta > 0{,}4$.

При электроиспытаниях у облучателя определялись следующие радиотехнические характеристики: коэффициент стоячей волны с обоих выходов диплексеров, электрические потери, диаграмма направленности, коэффициент усиления и развязка между каналами в диапазоне частот f_0–f_1–f_2.

Определение коэффициента усиления (КУ) облучателей производили прибором Р2-69 на фиксированных частотах путем установки одинаковых облучателей (рис. 1, *а*) на расстоянии

$$H \geq \frac{2Д^2}{\lambda}, \qquad (3)$$

где λ – длина волны, Д – диаметр раскрыва рупора.

Коэффициент усиления облучателя рассчитывали по формуле

$$K_у = 10 \lg G,$$

где

$$G = \frac{4\pi H}{\lambda} \cdot \frac{1}{B}, \qquad (4)$$

где *B* – затухание, определяемое из выражения

$$B = B_2 - B_1, \qquad (5)$$

где B_2 – потери в линии «облучатель – облучатель»; B_1 – потери в каналах отраженной и падающей волны прибора Р2-69.

По схеме, представленной на рис. 1, *а,* производились измерения диаграммы направленности (ДН) облучателей. Схема измерения КСВ облучателей представлена на рис. 1, *б*.

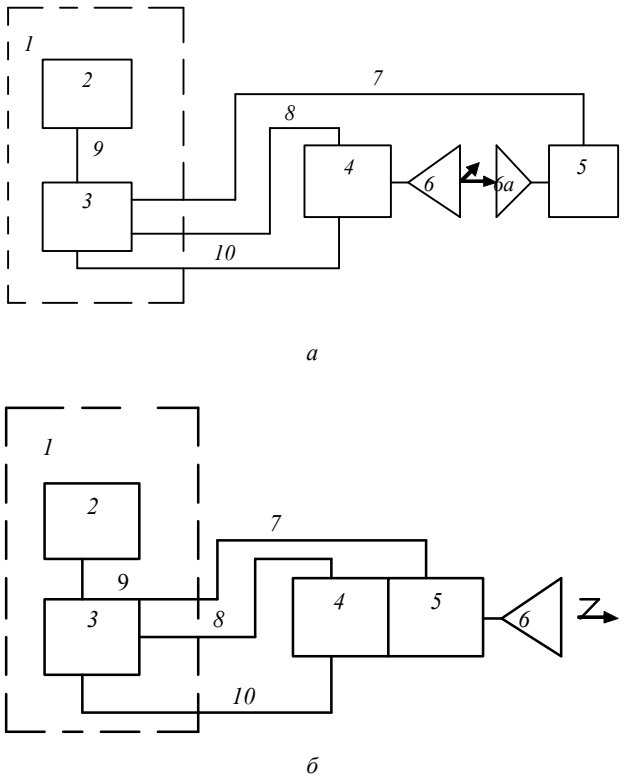


Рис. 1. Схема измерения ДН и КУ (а) и КСВ (б) облучателей: *1* – измеритель КСВ панорамный Р2-69 в составе; *2* – индикатор; *3* – генератор ВЧ-сигналов; *4* – направленный ответвитель канала падающей волны; *5* – направленный ответвитель канала отраженной волны; *6, 6а* – исследуемые облучатели; *7*, *8*, *9* – соединительные кабели; *10* – ВЧ-кабель

При этом сначала исследовались отдельно характеристики волноводных элементов, входящих в состав облучателя: переходов, согласующих и фазирующих секций, поляризаторов, диплексеров, потери которых не превышали 0,1 дБ, КСВ – 1,12.

Настройка и оптимизация параметров облучателя при сборке производилась подбором корпусов поляризатора, диплексера, перехода, согласующих и фазирующих секций, с соответствующими частотно-зависимыми размерами и параметрами шероховатости рабочей поверхности, а также электрическими характеристиками, обеспечивающими лучшее согласование в требуемом диапазоне частот f_0–f_1–f_2.

Развязка между входящими каналами облучателя была не хуже 28,5 дБ, что близко соответствовало расчетному значению. Облучатель имел стабильную ширину диаграммы направленности в широком диапазоне частот: ширина ДН по уровню 10 дБ составляла 37,4° ± 0,6°, ДН в плоскостях *E* и *H* в пределах углов от –10° до 10° совпадали. Разбег ДН был не более 1 дБ при угле +20°, в связи с этим при наличии поляризатора можно получить высокий коэффициент эллиптичности.

Коэффициент усиления в диапазоне f_0–f_1 растет более интенсивно: $K_{у1} = a_1 x + 14{,}8$; в диапазоне f_1–f_3 интенсивность роста коэффициента усиления несколько снижает-

ся: $K_{y2} = a_2 f + 15{,}4$ (рис. 2), при этом КСВ облучателя на частотах f_1–f_2 находится в пределах 1,15...1,18 (рис. 3).

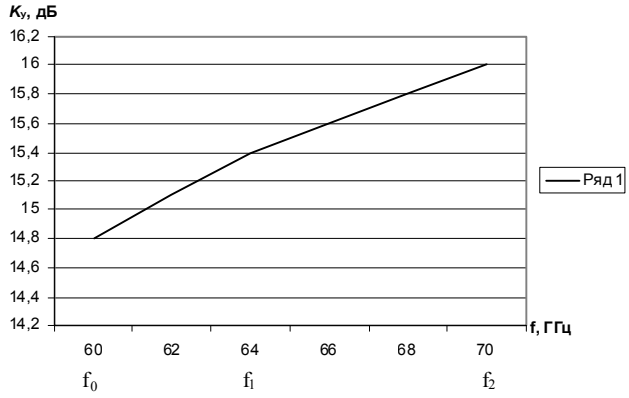


Рис. 2. Зависимость коэффициента усиления облучателя K_y с ребристым рупором от частоты передаваемой волны

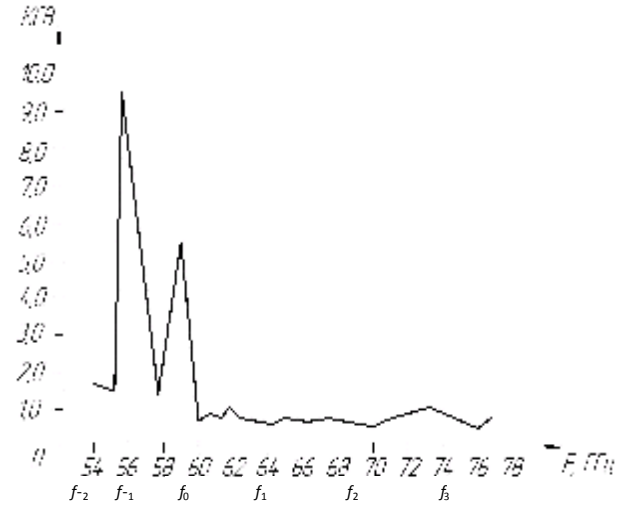


Рис. 3. КСВ облучателя с переходом № 5

Таким образом, отечественная спутниковая связь с освоением КВЧ-диапазонов, расширит возможности интеграции России в мировые структуры сетевой экономики и позволит создать единую систему спутниковой связи для решения различных задач. Разработка элементной базы антенно-фидерных устройств, работающих в КВЧ-диапазоне, является важнейшим направлением создания систем спутниковой связи. Экспериментальное исследование опытных технологий и широкополосного облучателя с ребристым рупором позволяет оценить конструкторско-технологические решения и наметить дальнейшие направления НИР и ОКР в КВЧ-диапазоне.

Библиографический список

1. Радиоизмерительные и электронные системы в короткой части миллиметрового диапазона волн / Н. С. Акиншин, А. Б. Бордов, Р. П. Быстров и др. // Зарубежная радиоэлектроника. 1999. № 5. С. 22–61.

2. Быстров, Р. П. Применение миллиметровых и субмиллиметровых волн в радиотехнических системах различного назначения / Р. П. Быстров, А. В. Соколов // Тр. III Всесоюз. шк. по распространению ММ- и СММ-волн. Харьков, 1989. С. 2–17.

3. Соколов, А. В. Субмиллиметровые и миллиметровые волны и их применение / А. В. Соколов // 100 лет радио: сб. ст. / под ред. В. В. Мичулина, А. В. Гороховского. М. : Радио и связь, 1995. С. 111–120.

4. Горностаев, Ю. М. Перспективные спутниковые системы / Ю. М. Горностаев, В. В. Соколов, Л. М. Невдяев. М. : МЦНТИ, 2000.

5. Менуилов, М. Б. Волноводные фильтры нижних частот для многодиапазонных фидерных трактов зеркальных антенн / М. Б. Менуилов, К. В. Кобрин // Успехи современной радиоэлектроники, 2006. № 4. С. 46–50.

6. Технологические особенности создания элементной базы антенно-фидерных устройств миллиметрового диапазона волн / И. В. Трифанов, В. В. Леонов, Л. А. Бабкина и др. // Вестник Сиб. аэрокосмич. акад. им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под. ред. проф. Г. П. Белякова. Красноярск, 1999. С. 109–116.

N. A. Testoedov, I. V. Trifanov, I. V. Sterekhov, L. I. Oborina, T. A. Trifanova

CONSTRUCTING ELEMENT BASIS OF THE TRANSMIT-RECEIVE EQUIPMENT FOR EXTREMELY HIGH FREQUENCY (EHF)

The main directions of the constructing antenna-feeder devices EHF-range are considered.

Keywords: element basis, antenna-feeder device, satellite communication system, radiation source, band, radio technical characteristics, electric test.

УДК 629.783.05

Д. В. Тюнягин

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛЕГКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ПОСТРОЕННАЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ «СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ» И SPACEWIRE

Предложена организация отработки на мини- и микро-КА бортовой системы управления, построенной на новых принципах, которые позволят легко реконфигурировать данную систему, значительно уменьшить размеры и массу системы управления, а в последующем применять удачные решения в проектировании больших космических аппаратов (КА), а также перейти на новый уровень в проектировании бортовых систем КА.

Ключевые слова: распределенная система управления, технология SpaceWire, технология «система на кристалле».

На современном этапе развития космической техники заказчики КА требуют, чтобы на вновь разрабатываемые спутники устанавливалась бортовая аппаратура, прошедшая летную квалификацию. Для выполнения данного требования предлагается отрабатывать перспективные решения на мини- и микроспутниках, которые выполняют, как правило, научные задачи и задачи дистанционного зондирования Земли.

Период между проектированием и штатной эксплуатацией мини- и микроспутников значительно меньше, чем у больших космических аппаратов, т. е. технологии, которые закладывают при их проектировании, на момент изготовления еще не успевают морально и технически устареть, поэтому применение современных и принципиально новых технических решений в проектировании мини- и микро-КА позволяет с минимальным экономическим риском проводить отработку и летную квалификацию данных решений в космическом пространстве с последующим внедрением этих технологий на большие КА.

Не секрет, что на многих отечественных космических аппаратах бортовая аппаратура отстает от современных технических решений. Хотя данная аппаратура отработана и зарекомендовала свою высокую надежность, для дальнейшего развития отечественного космического приборостроения необходимо внедрять и отрабатывать перспективные технические решения.

Предлагается спроектировать бортовую систему управления (БСУ) КА на следующих базовых принципах: 1) структура БСУ должна быть иметь распределенную архитектуру управления; 2) коммуникационной средой должна выступать специализированная высокоскоростная сеть – SpaceWire; 3) аппаратная интеграция БСУ должна быть реализована с помощью технологии «система на кристалле»; 4) спроектированная БСУ должна иметь большой срок активного существования в условиях открытого космического пространства. Рассмотрим эти четыре решения более подробно.

Первое решение. Подход к организации и архитектуре автоматизированных систем управления КА сложился в НПО ПМ еще в конце 1970-х гг. В основе подхода лежит гибкая двухсегментная схема, состоящая из наземного и бортового сегментов управления, с динамическим перераспределением функций и задач между сегментами на различных этапах функционирования КА. Автоматические системы управления КА, реализующие данный подход с развитым по функциональным возможностям бортовым сегментом управления, созданы НПО ПМ и успешно эксплуатируются более 20 лет в различных космических программах. Отличительной особенностью таких систем являются высокие показатели по надежности, автономности и живучести.

В процессе реализации этого подхода были определены требования к функциональным и архитектурным характеристикам бортового сегмента управления. Для бортового комплекса управления (БКУ) был выбран централизованный принцип управления и контроля оборудования, систем КА и космического аппарата в целом. В качестве примера можно привести БКУ «Контур» на базе бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) «Салют-4», который был разработан и прошел полный объем наземной экспериментальной отработки и квалификации. Летная эксплуатация БКУ «Контур» началась в 1982 г. в составе КА «Гейзер». БКУ «Контур» и его модификации успешно эксплуатируются на орбите в составе различных КА до настоящего времени, их суммарный срок работы на орбите составляет более 100 лет.

Однако наравне с перечисленными достоинствами, у данного БКУ имеется и ряд существенных недостатков. Использование централизованной структуры БКУ требует установки центральной вычислительной машины (ЦВМ) большой производительности и высокой надежности и, как правило, обладающей большой массой, габаритами, высоким энергопотреблением и тепловыделением. Централизованная архитектура БКУ не позволяет проводить гибкую модернизацию как отдельных функциональных узлов БКУ, так и всего БКУ в целом. Другим недостатком централизованной архитектуры является то, что вычислительные процессы обрабатываются центральным процессором последовательно, т. е. существует определенная временная задержка, прежде чем какая-либо служебная система КА получит управляющее воздействие от ЦВМ. Для минимизации данного эффекта можно установить более мощный центральный процессор либо распараллелить вычислительные процессы.

Переход от централизованной архитектуры управления КА к распределенной архитектуре позволит распараллелить вычислительные процессы, т. е. делегировать значительную часть функций с центрального процессора на микроконтроллеры служебных систем КА. Данный подход позволит организовать функционирование слу-

жебных систем в полуавтономном режиме, под общим управлением центрального процессора, повысив таким образом надежность и живучесть всей системы управления КА. Другим достоинством распределенной архитектуры бортовой системы управления является возможность относительно легко и быстро создавать и изменять систему управления КА. Построение бортовой системы управления КА на базе распределенной архитектуры позволит получить ряд преимуществ по сравнению с централизованной архитектурой:

– значительное упрощение модернизации отдельных функциональных модулей;

– совместимость с оборудованием, произведенным другими предприятиями, включая зарубежные;

– возможность создания гибкой наращиваемой сетевой структуры, ориентированной на любые индивидуальные требования заказчика, реализация которой осуществляется с минимальными затратами в части разработки аппаратной части;

– сокращение бортовой кабельной сети, а также снижение электромагнитного воздействия и, как следствие, повышение устойчивости к отказам и сбоям;

– оптимизация и исключение избыточности аппаратного состава бортовой системы управления;

– разгрузка центрального процессора (ЦП) КА и, соответственно, упрощение как самого ЦП, так и бортового программного обеспечения, а также, что немаловажно, закономерное снижение материальных и временных затрат.

Второе решение. В настоящее время космические аппараты, производимые в ОАО «ИСС», оснащаются интерфейсами (в основном МОК и MIL-STD-1553B), возможности которых еще позволяют применять их на современных КА, однако не позволяют перейти к проектированию КА с межсистемным обменом данных со скоростью свыше 1Мбит/с.

Интерфейс МОК впервые начал использоваться в НПО ПМ на КА, оснащенных БЦВМ «Салют-4», и зарекомендовал себя как надежный и простой в реализации интерфейс. Интерфейс обеспечивает соединение «точка–точка», однако последние реализации данного интерфейса обеспечивают линейную топологию с увеличенным количеством абонентов до 4. К недостаткам интерфейса можно отнести отсутствие его стандартизации, отсутствие интегральных схем, реализующих данный протокол, низкую скорость передачи данных, а также большое количество соединительных проводов.

MIL-STD-1553B — это детерминированная надежная шина передачи данных, предназначенная для подключения датчиков и контроллеров реального времени к вычислительным модулям ответственных систем. Линейная топология 1553 идеально подходит для подключения распределенных устройств, находящихся на борту космического аппарата. По сравнению с двухточечными соединениями, шина характеризуется меньшей длиной соединительных кабелей, что приводит к снижению общего веса и экономии пространства. Кроме того, простота подключения и отключения узлов из сети облегчает обслуживание.

Благодаря сдвоенности шины протокол 1553 обеспечивает отказоустойчивость и автоматическое переключение на дополнительные каналы, «прозрачное» для программного обеспечения ответственной системы. Вместе с тем шина идеально подходит для соединения интеллектуальных вычислительных модулей с распределенными интеллектуальными подчиненными устройствами. Возможно, самой привлекательной характеристикой шины 1553 является ее протокол команд (откликов), который гарантирует предсказуемость ее работы в условиях реального времени. Следует также заметить, что данный стандарт поддерживается значительным количеством разработчиков бортового оборудования как в России, так и во всем мире. В настоящее время шина 1553 является основным интерфейсом передачи данных между оборудованием и бортовым компьютером в разработках ОАО «ИСС».

Несмотря на все привлекательные стороны шины MIL-STD-1553, которые способствовали ее широкой популярности, применение этой шины в более требовательных системах сдерживается довольно низкой скоростью (1 Мбит/с) и последовательной передачей данных. Хотя такая скорость вполне достаточна для выполнения традиционных функций (например, управление оборудованием, получение телеметрической информации), ее не хватает для передачи видео- и других данных между интеллектуальными узлами современных распределенных космических электронных систем. Основным ограничивающим фактором применения данной шины в архитектуре перспективных КА является ее линейная топология, которая не позволяет строить распределенные вычислительные сети реального времени и гибко управлять потоками и маршрутами данных в резервированных системах [1].

Следующим этапом развития межсистемного обмена в космическом приборостроении является применение на КА специализированного единого интерфейса на основе стандарта SpaceWire. Разработка технологии SpaceWire базировалась на трех стандартах: IEEE 1355-1995, TIA/EIA-644 и IEEE Standard 1596.3-1996. Взяв за основу эти три стандарта, адаптировав их для аэрокосмических применений и добавив недостающие для космических свойств характеристики, разработчики (головной исполнитель — Европейский центр космических исследований и технологий (ESTEC) Европейского космического агентства (ESA)) сформировали стандарт SpaceWire.

Технология SpaceWire предназначена для создания коммуникационных сетей на борту летательного аппарата или КА и отвечает последним требованиям аэрокосмических систем в области коммуникаций. Одной из основных целей стандарта является обеспечение совместимости с различными видами оборудования и многофункциональное использование конечных элементов и подсистем. Процессорные устройства, модули массовой памяти, аппаратные телеметрические системы, разработанные для решения одной задачи, без труда могут использоваться для решения другой, тем самым сокращая стоимость системы, увеличивая ее надежность и производительность. Сеть SpaceWire способна заменить множество отдельных разнородных сетей (обычно сейчас на КА используется 3–5 сетей) на борту космического аппарата, создав единую коммуникационную инфраструктуру на базе единых технических и программных средств.

Этот стандарт использует высокоскоростные (2–400 Мбит/с) дуплексные каналы передачи данных, отвечающие требованиям повышенной надежности, независимости от аппаратуры приема-передачи данных и другим аэрокосмическим требованиям. В проекте находится канал, позволяющий передавать данные на скоростях до 1Гбит/с. SpaceWire представляет единую коммуникационную инфраструктуру датчиков, процессоров сигналов, процессоров данных, модулей массивной памяти, подсистем аппаратной телеметрии и другого электронного оборудования, применяемого на борту аэрокосмических аппаратов [2].

Высокие скорости каналов SpaceWire открывают новые возможности для системного проектирования БСУ. Во-первых, высокая пропускная способность каналов необходима для сопряжения с сенсорами, формирующими высокоскоростные информационные потоки. Посредством каналов SpaceWire датчики, распределенные по объекту, можно напрямую подключать к бортовому вычислительному модулю. Один канал SpaceWire позволяет передать информационный поток до 40 Мбайт/с на расстояние до десятка метров.

Интерфейс SpaceWire позволяет не только доставлять к центральному вычислительному ресурсу множественные потоки информации, но и по тем же каналам управлять работой датчиков – настраивать режимы и параметры функционирования, запускать тестирование, диагностику и т. п. С помощью механизмов распространения кодов времени SpaceWire можно синхронизировать работу датчиков в реальном масштабе времени с точностью до долей микросекунд – синхронизировать их таймеры, синхронно снимать информацию по единому сигналу управления и т. п. Коммутаторы SpaceWire позволяют распределять и реконфигурировать информационные потоки между датчиками и несколькими потребителями, например, между несколькими подсистемами обработки сигналов разного функционального назначения.

По этим причинам технологию SpaceWire активно применяют в своих разработках национальные космические агентства Европейского союза (ESA), США (NASA), Японии (JAXA) и Канады (CSA). Перечень космических аппаратов, где применяется технология SpaceWire, приведен в табл. 1.

Для примера комбинированной схемы сопряжения датчиков с бортовым вычислительным комплексом можно привести архитектуру бортовой системы управления космического аппарата Mercury Planetary Observer (MPO) для международного проекта Bepi-Colombo по исследованию Меркурия. Скоростные потоки данных от научных приборов к компьютеру обработки данных полезной нагрузки передаются по каналам SpaceWire, а каналы от менее скоростных источников мультиплексируются коммутатором SpaceWire [3–5].

В сети SpaceWire используется так называемая червячная маршрутизация, относящаяся к категории методов коммутации «на лету», т. е. при поступлении заголовка пакета во входной порт маршрутизатора пакет сразу маршрутизируется (выбирается направление его дальнейшей передачи, т. е. выходной порт), и начинается сквозная передача потока символов пакета в выходной порт без промежуточной буферизации и хранения в маршрутизаторе. Таким образом, в сетевом узле происходит и маршрутизация входящего пакета, и его коммутация. Подобный режим коммутации пакетов называют маршрутизирующей коммутацией, а маршрутизатор – маршрутизирующим коммутатором. Этот метод обеспечивает малые задержки прохождения пакета через маршрутизатор, обусловленные только временем приема заголовка пакета (как правило, одного символа). Кроме того, в коммутаторе становится ненужной буферная память пакетов, что существенно снижает аппаратные затраты и энергопотребление при его реализации в сверхбольшой интегральной схеме.

На основе стандарта SpaceWire можно унифицировать бортовые приборы и системы космических аппаратов, что обеспечит переход к перспективным интегрированным приборам с открытой архитектурой.

Третье решение. Одним из главных недостатков отечественного приборостроения (в том числе космического) является использование устаревшей методологии проектирования, т. е. применяется классическая система на печатной плате, которая собирается из готовых электронных компонентов (транзисторов, резисторов, специализированных микросхем и др.).

Современная полупроводниковая технология позволяет реализовать на одном кристалле устройства, ранее размещавшиеся на нескольких печатных платах и (или) стойках. Эти возможности дали начало следующему этапу развития электронной техники. Предлагается перейти к новой методологии проектирования бортовой аппаратуры КА, т. е. использовать программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), которые представляют собой цифровые интегральные микросхемы, состоящие из логических блоков (Intellectual Property блоки, или IP-блоки) и программируемых соединителей между этими блоками. Сложность таких ПЛИС может достигать де-

Таблица 1

Примеры применения SpaceWire в зарубежных КА и проектах

Космическое агентство	Космический аппарат (проект)	Область применения SpaceWire
ESA	Bepi-Colombo MPO Mercury Observation	Коммуникации между центральным компьютером платформы, вычислительным комплексом полезной нагрузки и 11-ю приборами
NASA	Swift	Связь высокоскоростных датчиков с основным блоком обработки данных (16 каналов SpaceWire)
JAXA	Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO)	Сеть SpaceWire для связи с полем датчиков (sensor electronics) для передачи команд и телеметрии в бортовом приборном комплексе
CSA	Robotic Arm	Сопряжение вычислительных (управляющих блоков) распределенной системы управления движением робота-манипулятора

сятков и сотен миллионов транзисторов. Одна ПЛИС способна заменить целую систему обработки информации, так как в большинстве используемых бортовых систем информация присутствует как в цифровом, так и в аналоговом виде. Например, съем телеметрической информации в КА производится как в аналоговом виде, так и в цифровом [6].

Системы проектирования ПЛИС класса «система на кристалле» уже получили эффективные инструменты логического и физического синтеза и верификации проектов с субмикронными проектными нормами 0,25...0,09 мкм и менее, чтобы обеспечить достаточно короткий цикл проектирования.

IP-блоки разрабатываются целенаправленно или в рамках какого-либо проекта. IP-блоки – это по сути математические модели (топология, список цепей, RTL-код) функционально законченных блоков и узлов системы на кристалле. Принципиальная особенность IP-блоков заключается в возможности их повторного использования в других проектах. Процесс создания систем на кристалле подразумевает решение следующих задач:

– разработку IP-блоков;

– конструирование системы на кристалле на системно-функциональном уровне из IP-блоков;

– интеграцию всех IP-блоков на кристалле [7].

Существенные преимущества перехода к технологии «система на кристалле» очевидны. Она позволяет резко сократить массогабаритные характеристики бортовой аппаратуры КА, так как устройства, созданные на базе технологии «система на кристалле», состоят из одной (максимум двух) ПЛИС-микросхем. Сокращается энергопотребление и повышается производительность бортовой аппаратуры КА за счет существенной миниатюризации, и что немаловажно, повышается надежность всей бортовой аппаратуры в целом, так как значительно сокращается число паяных соединений на печатной плате. Повторное использование разработанных ранее IP-блоков в проектировании других систем значительно сокращает как временные, так и материальные затраты.

Другим существенным достоинством программируемых интегральных схем является возможность их многократного перепрограммирования как на земле, так и на орбите. Для примера можно рассмотреть следующие ситуации. Во время наземных испытаний любая неисправность БСУ может быть легко и быстро устранена путем перепрограммирования ПЛИС-микросхем, тогда как в случае реализации устройств БСУ на печатных платах, трудоемкость изменений была бы более существенной. Другая ситуация: если во время функционирования КА на орбите выявляется конструкторская недоработка или неисправность и необходимо произвести изменения в электрической структуре бортовой системы управления, то при использовании ПЛИС-микросхем есть возможность сделать такие изменения, тогда как при использовании технологии «система на печатной плате» такой возможности нет.

Четвертое решение. Исторически сложилось так, что отечественные КА имеют герметичную конструкцию, т. е. практически вся электронная начинка КА размещается внутри гермоконтейнера. У данного подхода есть один большой недостаток – слишком большая масса КА, что в условиях дороговизны вывода на орбиту делает отечественные космические аппараты неконкурентными. Данная особенность нашего спутникостроения обусловлена тем, что отечественная промышленность была не в состоянии выпускать радиоэлектронные компоненты, устойчивые к воздействиям космического пространства. Сейчас, когда на отечественном рынке появились производители радиационно стойких электронных компонентов, у разработчиков КА появилась возможность перейти от проектирования герметичных КА к негерметичным.

Главным требованием, выдвигаемым к ПЛИС космического применения, являются окружающие условия, в которых она будет находиться, т. е. это устойчивость к космическим излучениям – галактическому, солнечному и радиационному поясу заряженных частиц Земли. При разработке таких ПЛИС должны учитываться два важнейших фактора: эффекты, вызванные общей накопленной дозой, и эффекты одиночных сбоев. Основными производителями ПЛИС космического применения являются компании Aeroflex и Actel. Существуют два вида популярных ПЛИС для использования в космосе – это ПЛИС на основе ячеек статической памяти и ПЛИС с программируемыми элементами типа antifuse. Первый вид обладает такими достоинствами, как наибольшая логическая емкость и перепрограммируемость, и недостатками – потенциальной неустойчивостью конфигурации памяти к одиночным сбоям в результате радиационного воздействия. Достоинство второго вида ПЛИС состоит в том, что потенциально радиационно стойкие antifuse-перемычки делают ПЛИС более стойкой по сравнению с ПЛИС на основе статической памяти, а недостатки этого вида – сложная технология по организации программирования и прожигания перемычек ПЛИС, кроме того цена ПЛИС с antifuse-перемычками намного выше, чем ПЛИС на основе статических ячеек памяти. Для низкоорбитальных КА подойдет первый тип ПЛИС, так как на данной высоте минимально космическое излучение, тогда как второй тип ПЛИС подойдет для высокоорбитальных и геостационарных КА, где космическое излучение более существенно [8–10].

Возможность реализации интерфейса SpaceWire на ПЛИС открывает широкие возможности в интеграции всей бортовой аппаратуры на базе ПЛИС-технологий, т. е. на основе системы на кристалле. Бортовая система управления космического аппарата, реализованная на 1–2 микросхемах высокой интеграции, позволит в десятки раз уменьшить массогабаритные и, как следствие, энергетические характеристики бортовой аппаратуры КА. Это, в свою очередь, позволит использовать освободившиеся ресурсы для целевой аппаратуры КА, повысив, таким образом, техническую и экономическую эффективность КА в целом.

Упрощенные схемы бортовых систем управления КА представлены на рис. 1, 2. Организующим ядром всей системы управления является бортовой вычислительный комплекс (рис. 1). Коммуникационной средой, помимо магистральной шины MIL-STD-1553B, выступает интерфейс сопряжения телеметрической аппаратуры с датчиками, а также интерфейс сопряжения исполнитель-

ных устройств с командно-измерительной системой (КИС).

Вычислительные ресурсы системы управления распределены, т. е. перенесены с процессора на микроконтроллеры соответствующих систем КА (рис. 2); коммуникационной средой выступает сеть SpaceWire, а бортовая аппаратура БСУ интегрирована на основе ПЛИС-микросхем (ПЛИС-микросхема представлена серым прямоугольником).

В ходе проработки конкретной конфигурации БСУ рассматривались существующие отечественные и зарубежные разработки. В качестве процессора целесообразно использовать стойкий к воздействию радиации 32-разрядный процессор AT697 архитектуры SPARC (V8), предназначенный для космических применений. Он был разработан при поддержке Европейского космического агентства и выпущен корпорацией Atmel. Формирователь телеметрии и контроллер SpaceWire можно реализовать на основе сигнального

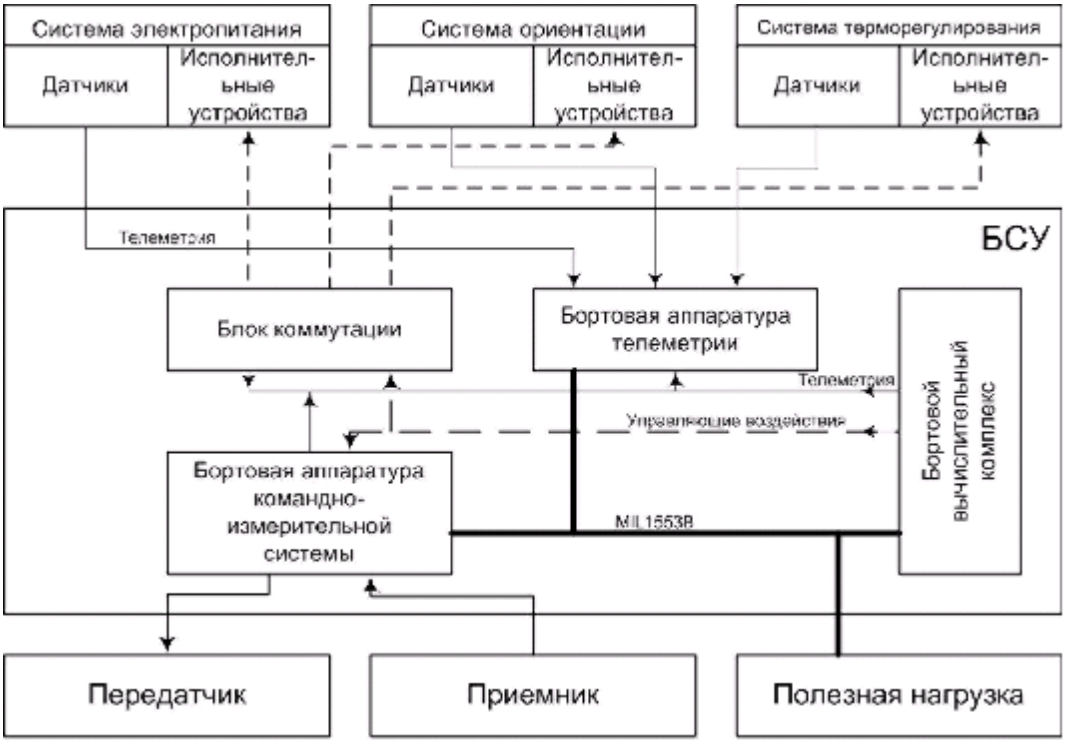


Рис. 1. Централизованная архитектура бортовой системы управления КА

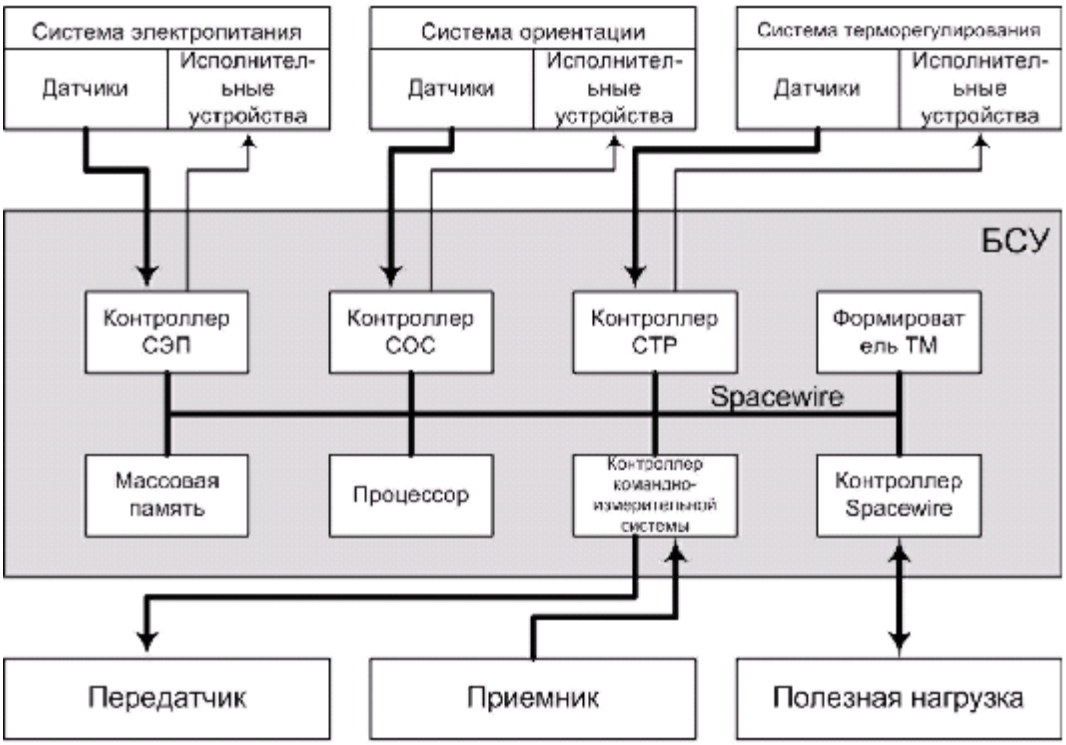


Рис. 2. Предпологаемая архитектура распределенной бортовой системы управления КА

процессора МС-24 (1892ВМ2Я) серии «Мультикор» разработки НПЦ «Элвис», оснащенного двумя контроллерами SpaceWire. Они обеспечивают обмен данными по дуплексным каналам SpaceWire (2 канала) со скоростью 2–400 Мбит/с в канале (в каждую сторону) [3]. Массовая память может быть выполнена как линейки памяти, выпущенные компанией AEROFLEX RadHard Memories UT8R128K32 SRAM [11]. Контроллеры соответствующих систем могут быть реализованы на базе периферийного контроллера МСТ-01 (1892ВД1Я), разработанного компанией–НПЦ «Элвис» [3].

Примерные параметры, которые имеются у существующих бортовых систем управления КА и ориентировочные параметры предлагаемой системы управления представлены в табл. 2. Реализация предлагаемых решений позволит значительно улучшить основные характеристики бортовой системы управления, а также перейти на новый уровень в проектировании КА.

Так как предлагаемые решения являются в основном теоретическими и еще не в достаточной мере отработаны в отечественном спутникостроении, то для более детальной проработки и изучения необходимо внедрять данные решения поэтапно на мини- и микро-КА.

Таким образом, на основании всего вышесказанного можно сделать вывод, что реализация изложенных принципов позволит улучшить и оптимизировать аппаратно-программный состав КА, значительно упростить модернизацию бортовой системы управления КА, а также отработать и получить летную квалификацию принципиально новых технических решений на мини- и микроспутниках с последующим внедрением их на большие КА.

Библиографический список

1. Салливан У. Что заменит MIL-STD-1553 в роли сетевой магистрали военных систем следующего поколения? [Электронный ресурс] / У. Салливан // Мир компьютерной автоматизации On-Line : журн. об открытых системах управления и контроля, встраиваемых системах и системах реального времени/ Электрон. дан. Режим доступа: http://www.mka.ru/?p = 40062. Загл. с экрана.

2. Технология SpaceWire в интегрированной модульной авионике / С. Горбачев, М. Игнатьев, В. Киселев и др. // Актуальные научно-технические и организационно-экономические проблемы разработки и реализации технических решений в отечественном авиаприборостроении : Тр. III-й Всерос. науч.-техн. конф. Национ. ассоц. авиаприборостроителей. СПб. С. 32–34.

3. Шейнин, Ю. Технология SpaceWire для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов / Ю. Шейнин, Т. Солохина // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2007. № 1.

4. Турчак, А. А. Архитектура вычислительных систем для интегрированной модульной авионики перспективных летательных аппаратов / А. А. Турчак, Е. Э. Черныш ев, К. Т. Михайлуца, Ю. Е. Шейнин // Радиосистемы. 2002. № 2. С. 87–95.

5. Горбачев, С. В. Масштабируемые архитектуры распределенных систем на технологии SpaceWire на базе платформы «Мультикор» / С. В. Горбачев, Д. А. Рождественский, Е. А. Суворова, Ю. Е. Шейнин // Вопросы радиоэлектроники. 2006. № 2. С. 69–80.

6. Борисов, Ю. И. Опыт проектирования и изготовления СБИС типа «система на кристалле» для специальной электроники [Электронный ресурс] / Ю. И. Борисов. Режим доступа : http://www.hitechno.ru/?page =analytics042. Загл. с экрана.

7. Максфилд, К. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы. Курс молодого бойца / К. Максфилд. М. : Изд. дом «Додэка – XXI», 2007.

8. Телец, В. ПЛИС космических применений. Архитектуры и схемотехнические особенности / В. Телец, С. Цыбин // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2005. № 6.

9. Чумаков, А. И. Действие космической радиации на ИС / А. И. Чумаков // Радио и связь, 2004.

10. Morris, K. FGPA in Space / K. Morris // FGPA and Programable Logic Journal. April 20. 2004. № 3.

11. Интернет-ресурс компании Aeroflex [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.aeroflex.com/memories. Загл. с экрана.

Таблица 2

Сравнительные характеристики бортовых систем управления

Параметры	Предлагаемая БСУ	Существующие БСУ
Производительность ЦП	~ 150 MIPS	~ 1 MIPS
Скорость передачи данных	от 2 Мбит/с до 1 Гбит/с	~ 1 Мбит/с
Энергопотребление	до 30 Вт	от 100 Вт
Разрядность ЦП	~ 32 бит	~ 16 бит
Масса	< 5 кг	> 10 кг

D. V. Tyunyagin

DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM CONSTRUCTED ON THE BASIS OF TECHNOLOGIES «SYSTEM ON CRYSTAL» AND SPACEWIRE

It is offered to organize optimization on mini- and micro-satellite onboard control systems, constructed on new principles which will allow easily to reconfigurate the given system, considerably to reduce sizes and weight of the control system, further to apply successful solutions in designing large satellites, and also to go on a new level in designing onboard systems of satellite.

Keywords: distributed control system, space wire, «System on Crystal».

УДК 62.567.5

Р. Н. Хамитов

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ УПРУГИЙ ЭЛЕМЕНТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТИПА

Предлагается устройство демпфирования колебаний объектов с улучшенными параметрами демпфирования. Для исследования демпфирования колебаний предложенного устройства построена и исследована модель, описывающая термогазодинамические процессы в объемах пневматического упругого элемента при различных режимах работы и динамику амортизируемого объекта, которая позволяет провести анализ и выявить основные закономерности и особенности в работе пневматического упругого элемента, получить его упругодемпфирующую характеристику.

Ключевые слова: демпфирование колебаний, упругодемпфирующая характеристика.

Управляемые пневматические виброзащитные устройства, как показали предварительные исследования [1], могут наиболее полно удовлетворять требованиям систем амортизации различных объектов, так как обеспечивают регулирование упругодемпфирующей характеристики и хорошую виброзащиту. В них в качестве рабочего тела используется лишь одна фаза – газ, благодаря чему нет необходимости выполнять отдельные демпфирующие устройства. С целью увеличения диссипации энергии при колебаниях амортизируемого объекта (АО) был разработан ряд пневматических упругих элементов (ПУЭ) дифференциального типа. В данной работе исследуется конструкция ПУЭ с электромагнитными клапанными устройствами, являющаяся развитием конструкции ПУЭ с гибкими диафрагмами [2]. Упругий элемент состоит из двух рабочих полостей, одного дополнительного объема и клапанных устройств, установленных в перегородках между рабочими и дополнительным объемами (рис. 1). Усилия основного упругого элемента (нижний элемент по схеме) и вспомогательного упругого элемента (верхний элемент по схеме) направлены в противоположные стороны, и несущая способность ПУЭ равна разности произведений избыточного давления на эффективные площади упругих элементов, т. е.

$$Mg = P_{ст} = P_{из}S_{э1} - P_{из}S_{э2}.$$

Тогда

$$P_{из}S_{э1} = Mg + P_{из}S_{э2}.$$

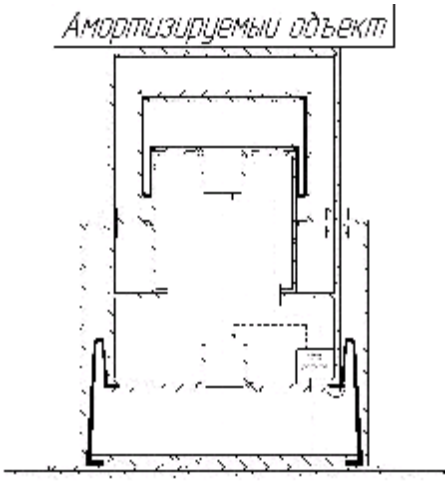


Рис. 1. Пневматический упругий элемент

Рабочий процесс при динамике ПУЭ осуществляется следующим образом. При движении АО вниз от исходного положения в основном упругом элементе ПУЭ происходит ход сжатия, а во вспомогательном упругом элементе – ход отдачи, управляемые клапанные устройства закрыты. Увеличение упругой силы основного упругого элемента и уменьшение ее во вспомогательном элементе приводит к резкому уменьшению хода сжатия. При этом $P_{р1} > P_{д}$, а $P_{р2} < P_{д}$. Когда относительная скорость движения АО станет равной нулю, клапанные устройства соединяют полости ПУЭ и давления в объемах ПУЭ мгновенно выравниваются. Управление клапанными устройствами осуществляется системой управления.

В начале движения АО вверх клапанные устройства разъединяют объемы ПУЭ. Увеличение упругой составляющей вспомогательного упругого элемента и уменьшение ее в основном упругом элементе также приводит к резкому уменьшению хода отдачи. При этом $P_{р2} > P_{д}$, а $P_{р1} < P_{д}$. Когда относительная скорость движения АО снова станет равной нулю, клапанные устройства соединяют все полости ПУЭ и давления в его объемах выравниваются.

Исследование динамики АО при внешнем воздействии со стороны основания ПУЭ основывается на совместном решении системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих как изменение параметров движения АО, так и ход термогазодинамических процессов, протекающих во всех объемах ПУЭ (рис. 2). При составлении уравнений приняты следующие допущения:

– рабочий газ в ПУЭ подчиняется законам идеальных газов;

– температура окружающей среды постоянная и равна $T_{с}$;

– вследствие кратковременности воздействия внешний теплообмен не учитывается, и рабочий процесс в ПУЭ считается адиабатическим;

– процессы выравнивания давления в полостях ПУЭ при коммутации происходят мгновенно;

– движение АО происходит только в вертикальном направлении;

– эффективная площадь $S_{э}$ при движении АО не меняется;

– утечки газа из упругих элементов ПУЭ отсутствуют.

В модели использованы следующие обозначения параметров:

$P_{р1}$ – текущее давление в рабочей полости основного упругого элемента;

$P_{р2}$ – текущее давление в рабочей полости вспомогательного упругого элемента;

$P_д$ – текущее давление в дополнительной полости;

$P_а$ – атмосферное давление;

$S_{э1}$ – эффективная площадь основного упругого элемента;

$S_{э2}$ – эффективная площадь вспомогательного упругого элемента;

z_0, $\dot{z}_0$, $\ddot{z}_0$ – относительные перемещения, скорость и ускорение АО;

z, $\dot{z}$, $\ddot{z}$ – абсолютные перемещения, скорость и ускорение АО;

M, Mg и g – масса, вес АО и ускорение силы тяжести;

κ – коэффициент адиабаты;

R_Σ – сила трения, зависящая от скорости движения АО;

$V_{р1} = V_{Р10} \pm S_{э1}Z_0$ – текущий объем рабочей полости основного упругого элемента;

$V_{р2} = V_{Р20} \pm S_{э2}Z_0$ – текущий объем рабочей полости вспомогательного упругого элемента;

$V_{Р10}$ – объем рабочей полости основного упругого элемента в статическом положении АО;

$V_{Р20}$ – объем рабочей полости вспомогательного упругого элемента в статическом положении АО;

$V_д$ – объем дополнительной полости;

$\mu_{кл}$ – коэффициент расхода газа через клапан;

f – площадь проходного сечения клапана;

$m_д$ – суммарная масса газа в дополнительной полости;

$m_{р1}$ – суммарная масса газа в рабочей полости основного упругого элемента;

$m_{р2}$ – суммарная масса газа в рабочей полости вспомогательного упругого элемента.

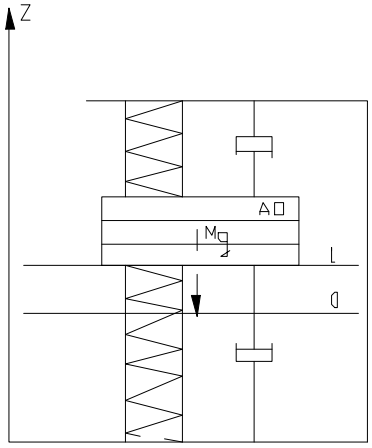


Рис. 2. Расчетная схема динамики ПУЭ

Для определения термодинамических параметров газа в рабочих и дополнительных объемах ПУЭ выделим следующие режимы работы.

Первый режим. Основной упругий элемент 1 находится на ходе сжатия, вспомогательный элемент 2 – на ходе отдачи, $P_{Р1} > P_q > P_{Р2}$ (рис. 1). Управляемые клапаны перекрыты.

При этом режиме в рабочем объеме основного упругого элемента происходит процесс сжатия воздуха, а в рабочем объеме вспомогательного упругого элемента 2 идет процесс расширения. Система дифференциальных уравнений, описывающая этот режим работы, имеет следующий вид:

$$\begin{gathered}
\frac{dP_{р1}}{dt} = -\frac{kP_{р1}S_{э1}\dot{Z}_0}{V_{р1}};\\
\frac{dP_{р2}}{dt} = \frac{kP_{р2}S_{э2}\dot{Z}_0}{V_{р2}};\\
M\ddot{Z} = \left(P_{р1} - P_а\right)S_{э1} -\\
-\left(P_{р2} - P_а\right)S_{э2} - Mg - R_\Sigma\left(\operatorname{sign}\dot{Z}\right);\\
V_{р1} = V_{Р10} - S_{э1}Z_0;\\
V_{р2} = V_{Р20} + S_{э2}Z_0.
\end{gathered} \tag{1}$$

Второй режим. При $\dot{Z} = 0$ происходит процесс выравнивания давлений во всех объемах ПУЭ за счет включения клапанов и соединения полостей ПУЭ. Этот режим описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{gathered}
\frac{dP_{р1}}{dt} = -\frac{kP_{р1}S_{э1}\dot{Z}_0}{V_{р01} - S_э Z_о} + \frac{kP_q}{m_q}\frac{dm_р}{dt};\\
\frac{dP_{р2}}{dt} = -\frac{kP_{р2}S_{э2}\dot{Z}_0}{V_{р02} + S_{э2}Z_0} - \frac{kP_qV_q}{\left(V_{р02} + S_э Z_0\right)m_q}\frac{dm_р}{dt};\\
\frac{dP_q}{dt} = -\frac{kP_q}{m_q}\frac{dm_р}{dt};\\
\frac{dm_р}{dt} = \mu f_{кл}\sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{P_qm_q}{V_q}\left[\left(\frac{P_{р1}}{P_q}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]},\\
\text{при } \frac{P_q}{P_{р1}} > 0{,}528;\\
\frac{dm_р}{dt} = \mu f_{кл}\sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{P_qm_q}{V_q}\left[\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} - 1\right]},\\
\text{при } \frac{P_q}{P_{р1}} \le 0{,}528;\\
\dot{Z}_0 = \frac{dZ_0}{dt};\\
M\ddot{Z}_0 = \left(P_{р1} - P_а\right)S_{э1} -\\
-\left(P_{р2} - P_а\right)S_{э2} - Mg - R_\Sigma\left(\operatorname{sign}\dot{Z}_0\right).
\end{gathered} \tag{2}$$

Третий режим. Управляемые клапаны закрываются. В основном упругом элементе происходит процесс расширения газа, а во вспомогательном упругом элементе – процесс сжатия газа, где $P_{р1} < P_q < P_{р2}$:

$$\begin{gathered}
\frac{dP_{р1}}{dt} = -\frac{kP_{р1}S_{э1}\dot{Z}_0}{V_{р1}};\\
\frac{dP_{р2}}{dt} = \frac{kP_{р2}S_{э2}\dot{Z}_0}{V_{р2}};\\
M\ddot{Z} = \left(P_{р1} - P_а\right)S_{э1} -\\
-\left(P_{р2} - P_а\right)S_{э2} - Mg - R_\Sigma\left(\operatorname{sign}\dot{Z}\right);\\
V_{р1} = V_{Р10} + S_{э1}Z_0;
\end{gathered} \tag{3}$$

$$V_{p2} = V_{p20} - S_{э2} Z_0.$$

Четвертый режим. При $\dot{Z} = 0$ происходит процесс выравнивания давлений во всех объемах ПУЭ за счет включения клапанов и соединения полостей ПУЭ. Режим описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dP_{p1}}{dt} = -\frac{kP_{p1}S_{э1}\dot{Z}_0}{V_{p01} + S_{э1}Z_0} - \frac{kP_qV_q}{\left(V_{p01} + S_эZ_0\right)m_q}\frac{dm_p}{dt};$$

$$\frac{dP_{p2}}{dt} = -\frac{kP_{p2}S_{э2}\dot{Z}_0}{V_{p02} - S_{э2}Z_0} + \frac{kP_q}{m_q}\frac{dm_p}{dt};$$

$$\frac{dP_q}{dt} = -\frac{kP_q}{m_q}\frac{dm_p}{dt};$$

$$\frac{dm_p}{dt} = \mu f_{кл}\sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{P_qm_q}{V_q}\left[\left(\frac{P_q}{P_{p2}}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]},$$

$$\text{при } \frac{P_q}{P_{p2}} > 0,528; \qquad (4)$$

$$\frac{dm_p}{dt} = \mu f_{кл}\sqrt{\frac{2k}{k-1}\frac{P_qm_q}{V_q}\left[\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}} - 1\right]},$$

$$\text{при } \frac{P_q}{P_{p2}} \le 0,528;$$

$$\dot{Z}_0 = \frac{dZ_0}{dt},$$

$$M\ddot{Z}_0 = \left(P_{p1} - P_a\right)S_{э1} -$$

$$-\left(P_{p2} - P_a\right)S_{э2} - Mg - R_\Sigma\left(\text{sign}\dot{Z}_0\right).$$

При дальнейшей работе ПУЭ все термогазодинамические процессы в его объемах повторяются. За основу при расчете выбран ПУЭ (рис. 1) со следующими начальными значениями параметров: P_{p10} и P_{p20} = 0,588 МН/м^2; $S_{э1}$ = 0,3 м^2; $S_{э2}$ = 0,15 м^2; $V_д$ = 0,58 м^3; V_{p10} = 0,38 м^3; V_{p20} = 0,2 м^3.

Для определения рабочих характеристик ПУЭ был выбран эксплуатационный режим работы, при котором основание ПУЭ совершает гармонические колебания по синусоидальному закону с различными частотами возмущения, в том числе с частотой собственных колебаний системы:

$$Z_0 = Z_{0м}\sin wt,$$

где Z_0 – амплитуда колебаний основания ПУЭ; w – частота вынужденных колебаний.

Исследование динамики ПУЭ осуществлялось с помощью пакета MathCAD. По результатам расчета динамики ПУЭ построены упругодемпфирующие характеристики (рис. 3) при частоте колебаний, равной собственной частоте колебаний системы, и кривые свободных колебаний АО (рис. 4).

Испытания натурного образца ПУЭ проводились на базе экспериментального стенда. Исследование работы ПУЭ осуществлялось на базе измерительного комплекса, состоящего из системы датчиков давления и перемещения, многоканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП) В-480G и персонального компьютера с программным обеспечением. В процессе исследований контролировалось давление газа во всех полостях ПУЭ, а также линейные перемещения основания ПУЭ и АО. По результатам натурных испытаний построена упругая характеристика основного упругого элемента ПУЭ и семейство упругодемпфирующих характеристик ПУЭ при различных значениях амплитуды колебания основания ПУЭ (рис. 3).

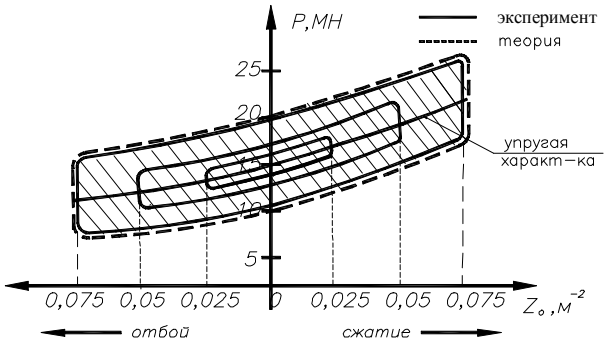


Рис. 3. Упругодемпфирующие характеристики ПУЭ

Площадь петли гистерезиса на упругодемпфирующей характеристике равна сумме поглощенных энергий основного и вспомогательного упругих элементов. Как показывают расчеты и опыт, максимальный коэффициент поглощения энергии ПУЭ достигает значения при различных режимах работы ПУЭ η_w = 0,8…0,9, что говорит о высокой энергоемкости ПУЭ данной конструкции.

Построенные кривые свободных колебаний АО (рис. 4) соответствуют различным значениям коэффициента поглощения энергии колебаний η_w АО и абсолютного давления P_{20} в полости ПУЭ при статическом положении АО.

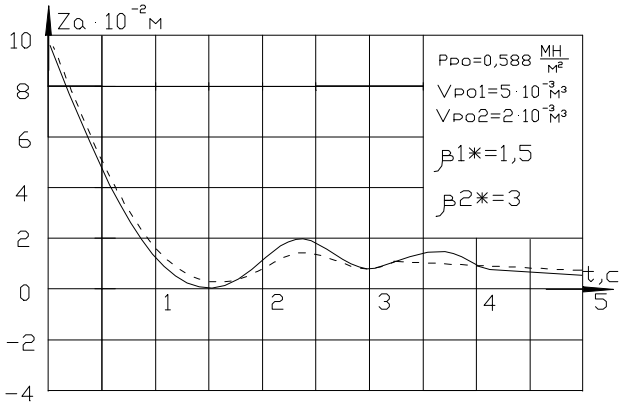


Рис. 4. Кривые свободных колебаний АО

Таким образом, полученная модель, описывающая термогазодинамические процессы в объемах ПУЭ и динамику АО, позволяет провести анализ и выявить основные закономерности и особенности в работе ПУЭ. Подобный управляемый ПУЭ наиболее полно удовлетворяет требованиям систем амортизации как крупногабаритных объектов, так и транспортных средств и может быть рекомендован для использования в виброзащитных системах указанных устройств.

Библиографический список

1. Аверьянов, Г. С. Исследование процессов и путей повышения эффективности воздушного демпфирования в пневматических амортизаторах виброзащитных систем / Г. С. Аверьянов ; Омский гос. тех. ун-т. Омск, 1999. Деп. в ВИНИТИ 17.06.99, № 1957-В99.

2. Пат. 2325567 РФ, МПК F 16 F 9/04. Пневматический упругий элемент / Аверьянов Г. С., Хамитов Р. Н. Опубл. 27.05.2008, Бюл. № 15.

R. N. Khamitov

PNEUMATIC ELASTIC ELEMENTS OF DIFFERENTIAL TYPE

The device for damping of object fluctuations with the improved damping parameters are offered. The model describing thermo gas dynamic processes in volumes of the pneumatic elastic element at various operating modes and dynamics of damped objects for investigation damping fluctuation of the offered device are constructed and investigated. It allows to lead the analysis and to reveal the basic laws and features of the pneumatic elastic element operation to getits elastic damping characteristics.

Keywords: fluctuation damping, elastic damping characteristics.

УДК 519.216

О. А. Антамошкин

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИВЕРСИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ «ГОНЕЦ-М»

Комбинированный метод развит в рамках целеориентированного подхода к разработке программных средств и направлен на реализацию мультиверсионного программирования сложных систем управления космическим аппаратом «Гонец-М», к которому предъявляются повышенные требования по отказоустойчивости. Формирование состава версий модулей программного обеспечения поддерживает базовую схему N-вариантного программирования, а также RB-блок-схему отказоустойчивого программирования с восстановительным блоком.

Ключевые слова: отказоустойчивые системы, многоцелевые и многоатрибутивные методы принятия решений, проектирование космических аппаратов.

В настоящее время по государственному заказу в рамках Федеральной космической программы на 2006–2015 гг. ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М. Ф. Решетнева» создает многофункциональную систему персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М».

Планируется, что в составе орбитальной группировки будут функционировать 12 космических аппаратов (КА) «Гонец-М» (по 3 КА в четырех плоскостях). Такое количество спутников на орбите будет обеспечено к концу 2015 г.

Круг потребителей услуг системы очень широк. К ним относятся Министерство РФ по делам ГО и ЧС, Министерство транспорта РФ, Мининформсвязи РФ, Росатом, РАО ЕС и другие ведомства и организации.

Одной из важнейших задач при создании КА, входящих в данную группировку, является проектирование бортовой системы обмена информацией, так как от скорости и надежности данной системы зависит скорость и надежность функционирования всей системы в целом. В настоящее время это возможно только с использованием таких систем проектирования, которые обеспечивали бы сквозной процесс разработки – от общего облика системы до конечной конструкции.

Использование комбинированных методов принятия решений при проектировании бортовой системы обмена информацией позволяет учесть возрастающие тактико-технические требования как к бортовой аппаратуре аппарата, так и к его программному обеспечению, а также значительно сократить время разработки.

Рассматриваемый в статье метод ориентирован на представленный в работе [1] базовый состав формальных моделей мультиверсионного программирования, который имеет ряд детализаций, обеспечивающих учет иерархичности построения модулей программного обеспечения (ПО), многоэтапность выполнения задач технологического цикла управления (ТЦУ) и наличие одновременно реализуемых ТЦУ для совокупности объектов. Причем значительно видоизменяются схемы и приводимые в статье [2] пошаговые процедуры для алгоритмически заданных целевых функций и ограничений задач в случае, когда используется стохастический анализ на GERT-сетевой модели и требуется обеспечить интерактивный режим.

Проведенный в работе [3] анализ формальных моделей показывает, учитывая размерность реальных задач

управления КА, используемое модельное описание ТЦУ и связанные с ним алгоритмически проверяемые ограничения при анализе и коррекции ТЦУ на заданном уровне детализации, что традиционные методы решения не позволяют получить приемлемые для практики результаты. Поэтому предложен и реализован комбинированный метод, лежащий в основе решающего алгоритма и состоящий из двух этапов:

1. Использование многоцелевых методов принятия решений (MODM-процедур) в комбинации с модифицированными алгоритмами случайного поиска для решения исходных оптимизационных задач с целью получения множества недоминируемых решений.

2. Применение многоатрибутивных методов принятия решений (MADM-методов) для окончательного выбора альтернативы, принимаемой в качестве решения на полученном множестве.

Следует отметить, что модифицированный MADM-подход также позволяет учесть, что в случае оценки затрат на ПО, производительности системы, временных оценок реализации задач ТЦУ и т. д. не всегда возможно точно и определенно установить значения всех необходимых показателей. Часто приходится сталкиваться с неопределенностями в оценках на этапе принятия решения, когда полная информация недоступна, даже если на этом этапе привлекаются высококвалифицированные системные аналитики и специалисты по управлению КА. В этом случае на предварительном этапе оценки глубины мультиверсионности исполнения компонент ПО рассматриваются методы анализа риска (и их значение для экономики инженерного проектирования программного обеспечения технологии управления КА), теория статистических решений, которые применяются для выработки решения в условиях неопределенности.

Постановка задачи. Разрабатывается метод решения системы мультиверсионных моделей, позволяющий в результате многоэтапной процедуры сформировать оптимальный состав мультиверсий для отказоустойчивых систем (NVS-систем), функции которых определяются заданными технологическими циклами управления КА «Гонец-М». Рассмотрим последовательно этапы разработанной процедуры, полная реализация которой обеспечивает эффективное специально организованное сопровождение мультиверсионного состава ТЦУ КА.

На предварительном (нулевом) этапе с целью реализации базовых требований мультиверсионной методологии к обеспечению разнообразия методов проектирования мультиверсий определяется глубина мультиверсионности гарантоспособных компонент. Так как в реальной ситуации при разработке отказоустойчивых компонент существуют неопределенности в оценках затрат, надежностных и временных факторов, относительно которых необходимо принять решение, то предлагается использовать на этом этапе методы анализа риска и элементы теории статистических решений, которые позволяют вырабатывать решения в условиях неопределенности. Кроме того, рассматриваются методы снижения неопределенности о необходимой глубине мультиверсионности гарантоспособных компонент.

Введем следующие понятия, характеризующие три возможных варианта для установления глубины мультиверсионности:

1. Базовый вариант (БВ), предусматривающий минимально возможную избыточность мультиверсий ($N = 2$) и обеспечивающий гарантоспособность компонента $NVS_{(N=2)}$-системы.

2. Радикальный вариант (РВ), предусматривающий избыточность мультиверсий при $N > 2$ (радикально увеличивающий глубину мультиверсионности компонента $NVS_{(N>2)}$-системы) и, естественно, требующий дополнительных затрат по сравнению с БВ.

3. Основной вариант (ОВ), который соответствует одноверсионному (безызбыточному) программированию компонента NVS-системы и обеспечивает минимальную стоимость его реализации.

Очевидно, что в процессе специально организованного сопровождения NVS при отказе РВ необходимо перепрограммировать систему, используя БВ и получая при этом снижение гарантоспособности и дополнительные затраты на перепрограммирование. Потенциальные результаты применения вариантов мультиверсионности компонентов ПО (РВ и БВ), а также ОВ, оцениваются, а выигрыш, в зависимости от формулировки, может выражаться в стоимостных единицах, единицах показателей качества, функции полезности и т. д.

Задача предварительного этапа, фактически, сводится к выбору между РВ и БВ для конкретного мультиверсионного компонента, причем на этом этапе ничего не известно о шансах на успех РВ, что соответствует выбору при полной неопределенности. В статье [4] анализируются правила выбора из нескольких альтернатив для случаев, когда результат или выигрыш зависит от конкретного выбора: для конкретного выбора известен выигрыш по всем альтернативам; вероятность конкретного выбора неизвестна. Там же рассмотрены и реализованы основные методы выбора при полной неопределенности – правила максимина и максимакса, правило Лапласа, или равной вероятности, применяемые на данном этапе процедуры. Критически проанализированы оптимистичность и пессимистичность, а также сильные и слабые стороны каждого из подходов. Несмотря на применение экспертных оценок вероятностей (как метода преодоления влияния полной неопределенности) и соответствующего метода интервального анализа, а также функции полезности, поиск хорошей альтернативы является исключительно трудной задачей, причем для указанных методов существуют классы ситуаций, в которых назначается противоестественный выбор при полном отсутствии информации о возможных исходах. Несомненно, что такая информация способна дать значительный эффект при решении поставленной задачи.

Метод решения. Предлагается следующий метод повышения знаний о конечном состоянии мультиверсионного компонента NVS-системы ПО, который становится возможным благодаря организации в составе средств сопровождения модельного блока прототипов мультиверсий, реализующего основные функции компонента при погружении в среду моделирования технологии управления КА и логики функционирования бортового комплекса управления. Естественно, в этой ситуации значительно повышается риск для РВ, хотя в общем случае не представляется возможным получить полную информа-

цию, так как существуют два источника неопределенности, которые выражаются вероятностью P(Б[РВ] / неблагоприятный случай (НС)), что соответствует вероятности того, что исследование с помощью модельного блока приводит к выбору РВ при условии, что в действительности этот вариант окажется неудачным, и P(Б[РВ] / благоприятный случай (БС)) – вероятность того, что использование модельного блока приводит к выбору РВ при условии, что он действительно оказывается удачным.

Использование формулы Байеса и ее частных случаев является основным при получении математического ожидания дохода при использовании модельного блока для выбора предпочтительного варианта мультиверсионности компонент программной системы. При этом возможно определение чистой стоимости (ЧС) при различных затратах на моделирование и отладку мультиверсий, обеспечивающих различные уровни надежности предсказания гарантоспособности компонент.

Итак, имеется m альтернатив $\mathrm{NVS}_1^{(N>2)}, \mathrm{NVS}_2^{(N>2)}, \ldots, \mathrm{NVS}_m^{(N>2)}$ в ситуации, имеющей n возможных состояний $S_1, S_2, \ldots, S_n$, вероятности которых равны $P(S_1), P(S_2), \ldots, P(S_n)$, а значения выигрышей от выбора альтернативы в состоянии S_j задается матрицей выигрышей с элементами v_{ij} ($j = 1, \ldots, n$; $i = 1, \ldots, m$). Необходимо выбрать альтернативу (вариант реализации мультиверсионного компонента ПО) с максимальным математическим ожиданием M выигрыша. При полной информации, рассчитав M дохода при выборе каждой альтернативы и выбрав максимально значимую, вычислим M дохода от полной информации:

$$M = \sum_{j=1}^{n} P(S_j)(\max_{i=1,\ldots,m} v_{ij}) - \max_{i=1,\ldots,m} \sum_{j=1}^{n} P(S_j) v_{ij}.$$

Таким образом, если применение модельного блока Б прототипов обеспечивает полную информацию для определения глубины мультиверсионности NVS-системы ПО, то всегда можно рекомендовать альтернативу, максимизирующую выигрыш. Рекомендуемые в результате этого применения альтернативы Б[NVS_i] связаны с состояниями S_j, причем в практике инженерного программирования рекомендация Б[NVS_i] основана на неполной информации о состояниях S_j (где для нашего случая Б[NVS_i] соответствуют БВ, РВ или ОВ, а S_j – суть НС и БС). Тогда общая формула для M дохода при решении задачи выбора варианта мультиверсионности из Б[NVS_i] (i = 1, …, m) имеет следующий вид:

$$\mathrm{M}(\text{Б}[\mathrm{NVS}_1], \text{Б}[\mathrm{NVS}_2], \ldots, \text{Б}[\mathrm{NVS}_m]) =$$

$$= \sum_{i=1}^{m} P(\text{Б}[\mathrm{NVS}_i])[\sum_{j=1}^{n} P(S_j / \text{Б}[\mathrm{NVS}_i]) v_{ij}].$$

В соответствии с вышесказанным, разработана процедура определения дохода от информации, в результате реализации которой определяется структура мультиверсионности NVS-системы ПО и обеспечивается наилучшее соотношение между затратами на применение модельного блока прототипов и доходами от результатов этого применения и полученной при этом информации. Здесь же отметим, не касаясь случая, когда значением M можно пренебречь, что, вычислив M, получаем «грубую» верхнюю оценку допустимых затрат и в этих пределах определяем оценочную стоимость C_k наиболее обещающей компоновки модельного блока. Вычислив чистую стоимость по каждому Б[NVS_i], выбираем наиболее предпочтительный вариант мультиверсионного исполнения компонента ПО.

Указанная процедура позволяет решать ключевые проблемы, нашедшие свое отражение в рамках парадигмы мультиверсионности жизненного цикла программного обеспечения (ЖЦПО) и касающиеся, в первую очередь, вопросов о том, какие средства необходимо затратить на фазе исследования осуществимости мультиверсионного исполнения компонента на анализ альтернативного варианта глубины мультиверсионности, на анализ риска при конкретизации требований, на верификацию и подтверждение, прежде чем приступить к эксплуатации NVS-системы ПО и т. д.

После того как получена структура мультиверсионности ПО, выполняется двухэтапная процедура формирования состава мультиверсий, обеспечивающая решение системы моделей на множестве булевых переменных, отражающих фактор стоимости, надежности и времени исполнения ТЦУ КА. Реализация целеориентированного подхода (ЦОП) при инженерном программировании мультиверсионного ПО обеспечена в рамках предложенного метода, причем на первом этапе с использованием разработанных MODM-алгоритмов в комбинации с алгоритмами случайного поиска (СП) и их модификациями формируется множество недоминируемых решений, которые соответствуют возможным допустимым составам мультиверсионного ПО управления КА, а на втором этапе осуществляется окончательное формирование состава мультиверсий путем решения многоатрибутивной задачи выбора с помощью разработанного MADM-метода.

Неполнота и нечеткость информации, как и ранее, остается неотъемлемым сопутствующим фактором решаемой задачи, однако ЦОП предполагает возможность согласования целей путем применения субъективных оценок и непосредственного участия проектировщика на любом из этапов ЖЦПО особенно в составе согласованных с классическим ЖЦПО процедур создания отказоустойчивых компонент.

В статье [2] предложен метод случайного поиска при формировании множества недоминируемых решений системы мультиверсионных моделей на множестве булевых переменных. Базовые шаги указанной процедуры применимы и в том случае, когда используются разработанные модифицированные алгоритмы случайного поиска с адаптацией (возвратом). В работе [3] разработаны рандомизированные схемы направленного поиска, использующие теоретико-групповой подход к бинарной оптимизации, который позволяет ввести направление в пространстве булевых переменных.

Таким образом, представленная унифицированная процедура и рандомизированные методы направленного поиска позволяют генерировать допустимое множество недоминируемых решений, мощность которого задается (или ограничивается) проектировщиком, однако при всей универсальности предложенной схемы нет возможности управлять процедурой, хотя эксперт обладает

информацией, способной оказать существенное влияние на процесс формирования состава мультиверсий ПО. Чтобы добиться этого, предлагается в комбинации с разработанными алгоритмами СП применить модифицированный MODM-метод, новизна и оригинальность которого заключается в применении интерактивной схемы нечеткого программирования, учитывающей предпочтительности критериев решаемой задачи.

Предлагаемый метод, фактически, переформулирующий MODM-задачу как задачу нечеткого программирования, позволяет преодолеть недостатки, присущие реализованным ранее подходам. Одним из наиболее удобных способов выражения уровней желаемости через информацию о предпочтениях является предлагаемый способ установления предпочтений критериев и рассмотрения процента достигаемости целей при выполнении процедуры принятия решений по той или иной альтернативе. Далее эти значения определяются через нечеткую функцию принадлежности, значение которой будет выражать и определять степень предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР), относительно указанных (нечетких) уровней желаемости целевых функций относительно их актуальных уровней достигаемости. Предлагаемый метод базируется на концепции нечеткого целевого программирования, однако, одним из существенных его отличий является учет размытой входной информации ЛПР в качестве базовой при оценке допустимости полученного решения в интерактивном режиме.

При формальном описании метода будем учитывать, что для общей постановки MODM-задачи f есть вектор-функция, имеющая k компонент.

Применяя интерактивную MODM-процедуру для решения поставленной задачи, пользователь получает возможность сгенерировать конечное число $r \ge k$ недоминируемых решений, удовлетворяющих структуре его предпочтений, а также сформировать множество пробных (испытательных) решений. Обозначим это множество как

$$U = \{f(x^*_u), u = 1, 2, \ldots, r\}.$$

Из этого множества необходимо отобрать наилучшее компромиссное решение. Следующие $(k + 1)$ критериев отбора $C(i)$, $i = 1, \ldots, k$ и $C(k + 1)$ могут оказать существенную помощь при отыскании такого решения:

$$C(i)\colon 0 \le pc_i - E_i \le pa_i \le 100 \ \ \forall \ \ i = 1, 2, \ldots, k,$$

где pa_i и pc_i – процент достижимости и предпочтительность i-го критерия для каждой целевой функции соответственно; E_i – неотрицательное значение нижней оценки (недооценка цели) i-й функции, устанавливаемая экспертом;

$$C(k+1)\colon \ 0 \le \sum_{i=1}^{k} (pa_i^g - pa_i) \le E_g,$$

где pa_i^g – глобальный процент желаемости для i-й целевой функции, который может быть рассчитан в результате решения оптимизационной задачи:

$$\max_F \sum_{i=1}^{k} pa_i,$$

где F – подмножество достижимых целей, определяемое допустимым подмножеством X; E_g – максимум установленного ЛПР неотрицательного значения разности между суммой глобальных и действительных процентов достижимости по всем k целям.

Итак, будем рассматривать $(k + 1)$ подмножеств U_j множества U испытательных недоминируемых решений. Тогда подмножество определится следующим образом (для $j = 1, \ldots, k$):

$$U_j = \{f(x^*_u)\colon pa_j(f(x^*_u)) \text{ удовлетворяет } C(j)\},$$

$$U_{k+1} = \{f(x^*_u)\colon pa_j(f(x^*_u)), i = 1, \ldots, k, \text{ удовлетворяют } C(k+1)\}.$$

Установим, что испытательные недоминируемые решения являются элементами нечеткого множества, функции принадлежности которых могут быть рассчитаны как значения некоторых функций, которые будут определены ниже как функции принадлежности в интервале [0, 1].

Взяв за основу базис для правил выбора, используемых в максимине и fuzzy-программировании [5] и положив $h_j(U_j) \ge Z, \ \forall \ j = 1, 2, \ldots, k + 1$, запишем задачу в следующем виде:

$$\max_F Z$$

таким образом, чтобы для $j = 1, 2, \ldots, k + 1$

$$h_j(U_j) \ge Z,$$

где $h_j(U_j), \ j = 1, \ldots, k + 1$ – функции принадлежности, задаваемые для каждого подмножества U_j, $j = 1, \ldots, k + 1$ недоминируемых решений, удовлетворяющих j-му критерию выбора; F – допустимое пространство целей, заданное ограничениями исходной задачи.

Эта последняя постановка может быть переписана в виде задачи нечеткого программирования (*FP*), причем все ограничения задаются четко:

$$(FP)\colon \max Z$$

таким образом, чтобы для $i = 1, 2, \ldots, k$

$$(pa_i - pc_i + E_i) / (100 - pc_i + E_i) \ge Z,$$

$$0 \le pc_i - E_i \le pa_i \le 100,$$

$$1 - \sum_{i=1}^{k} (pa_i^g - pa_i) / E_g \ge Z,$$

$$0 \le \sum_{i=1}^{k} (pa_i^g - pa_i) \le E_g,$$

$$pa_i = [1 - (f_i(x) - f_i(x^{i*})) / (f_i^+ - f_i(x^{i*}))] \cdot 100,$$

$$f_i^+ \ne f_i(x^{i*}),$$

$$f(x) = (f_1, \ldots, f_k) \in F,$$

где $f_i(x^{i*}) = \min f_i$ при выполненных ограничениях задачи, в том числе заданных алгоритмически; pc_i $(i = 1, 2, \ldots, k)$ – входная информация о предпочтительности критериев; E_i $(i = 1, 2, \ldots, k)$ и E_g – входная информация о степени недооценки, принятая проектировщиком;

$$f_i^+ = \max_{1 \le j \le k} \{f_i(x^{i*})\}.$$

Фактически, приведенная выше формулировка задачи полностью описывает все необходимые вычислительные процедуры, причем решение задачи (*FP*) однозначно указывает на недоминируемое решение исходной задачи.

Сформулируем шаги интерактивного алгоритма генерации недоминируемого решения, учитывая, что проектировщик может модифицировать в начале любой итерации алгоритма значения входных параметров:

Шаг 0. Сформулировать нечеткую модель (*FP*), соответствующую исходной MODM-задаче.

Шаг 1. Ввод исходных параметров pc_i, $i = 1, \ldots, k$; E_i, $i = 1, \ldots, k$; E_g.

Шаг 2. Решение *FP*-модели. Если это невозможно, то переход на шаг 1, иначе – шаг *3*.

Шаг 3. Предоставление ЛПР результирующего значения Z и соответствующего недоминируемого решения исходной задачи. Если предпочтительное решение выбрано, то остановка, в противном случае – переход на шаг 1.

Комбинированный MADM-метод завершает двухэтапную процедуру решения многоатрибутивной задачи формирования мультиверсионного ПО и позволяет выбрать в качестве оптимального альтернативный состав мультиверсий, который минимизирует взвешенное расстояние (соответственно для размытой и интуитивной составляющей) от назначенной «идеальной точки», т. е. данный метод комбинирует оценки каждого значения атрибута при отсутствии полной информации о предпочтениях и субъективные оценки относительно важности всех атрибутов.

Итак, имеется m альтернатив, представляющих собой различные составы ПО ТЦУ для мультиверсионного программного продукта, из которых необходимо сделать выбор. Каждому выбору соответствует n значений атрибутов. Для k-й альтернативы существует $x^{(k)}{}_1, x^{(k)}{}_2, \ldots, x^{(k)}{}_n$, где $x^{(k)}{}_i$ – значение i-го атрибута, если k-я альтернатива выбрана. Будем обозначать через $\text{NVS}^{(k)}$ некоторую k-ю альтернативу, однозначно определяющую $x^{(k)}{}_1$, $x^{(k)}{}_2$, …, $x^{(k)}{}_n$ и соответствующую одному из вариантов состава мультиверсионного ПО.

Обозначим субъективную оценку относительной важности каждого i-го атрибута с помощью нечеткого множества H_i, т. е. $X_i = \{x^{(k)}{}_i : 1 \le k \le m\} \cup x_i^*\}$, где x_i^* соответствует идеальной альтернативе NVS*. Нечеткое множество H_i описывается своей характеристической функцией вида $f_{Hi}: X_i \to [0, 1]$. Таким образом, $f_{Hi}(x_i^{(k)})$ характеризует предпочтительность $\text{NVS}^{(k)}$ по i-му атрибуту.

С использованием метода энтропии и с учетом соотношения между размытым множеством и распределением вероятностей [6] определим генерируемую размытость по i-му атрибуту e_i и общую неопределенность E, полученную путем суммирования. Определим коэффициент сатисфакции как

$$S_i = (1 - e_i) / \sum_{i=1}^{n} (1 - e_i) = (1 - e_i) / (n - E), \; 0 < i \le n .$$

Приведенная ниже процедура комбинирует нечеткость, характеризующую полученные коэффициенты сатисфакции и субъективную составляющую, присущую конкретному специалисту на этапе принятия решения о составе мультиверсионного ПО. Пусть w_i – относительные веса по важности, назначенные ЛПР i-му атрибуту априори. Тогда комбинированный весовой коэффициент можно определить как

$$S_i^{\text{комб}} = S_i w_i / \sum_{i=1}^{n} S_i w_i, \; 0 < i \le n .$$

Итак, если необходимо определить, насколько удалены друг от друга NVS* и $\text{NVS}^{(k)}$ по i-му атрибуту, то это можно определить по степени неудовлетворенности ЛПР значением i-го атрибута для $\text{NVS}^{(k)}$, т. е. введя дополнение нечеткого множества, которое будем обозначать U_i и для которого выполняется $f_{Ui}(x_i^{(k)}) = 1 - f_{Hi}(x_i^{(k)})$. Определим

$$Dis^{(t)}[NVS^*, NVS^{(k)}] = S_i f_{Ui}(x_i^{(k)})$$

и тогда

$$Dis\,[\text{NVS}^*, \text{NVS}^{(k)}] = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Dis^{(t)}[\text{NVS}^*, \text{NVS}^{(k)}])^2} ,$$

где обозначение *Dis* соответствует нотации, введенной в работе [7], и характеризует функцию различимости по каждому отдельному i-му атрибуту.

Собственно процедура выбора может быть представлена последовательностью следующих этапов:

Этап 1. В момент t все доступные альтернативы, специфицированные по каждому атрибуту относительно «идеальной» альтернативы, предоставляются ЛПР, который затем определяет $f_{Hi}(x_i^{(k)})^{(t)} \; \forall \; i, k$. Дополнительно могут быть рассмотрены и выбраны некоторые лучшие альтернативы предыдущего этапа $t-1$ и обозначены $f_{Hi}(x_i^{(k)})^{(t+1)}$ на $f_{Hi}(x_i^{(k)})^{(t)}$.

Этап 2. Расчет частных энтропий (по каждому атрибуту), суммарной энтропии и S_i (используется количественная шкала и периодически предоставляется возможность сверить коэффициенты соответствия – интерактивный режим).

Этап 3. Определение $w_i^{(t)}$ (используется количественная шкала и периодически предоставляется возможность сверить коэффициенты относительной важности отдельных атрибутов – интерактивный режим).

Этап 4. Расчет весовых коэффициентов $S_i^{(t)\text{комб}}$, комбинирующих нечеткость и субъективную оценку.

Этап 5. Расчет $Dis^{(t)}[\text{NVS}^*, \text{NVS}^{(k)}]$.

Этап 6. Определение наилучшей альтернативы путем минимизации $Dis^{(t)}$.

Последовательность указанных шагов может повторяться до тех пор, пока не будет принято решение о том, что полученная альтернатива максимально близка к NVS*. В интерактивном режиме с учетом сверки коэффициентов и обновления информации (этапы 2, 3) пользователю могут быть предоставлены и альтернативы, полученные на предыдущих этапах $t - 1$ применения алгоритма.

Таким образом, процедуры комбинированного метода, соответствующие выбору структуры мультиверсионности состава комплекса управления КА «Гонец-М» (нулевой этап), реализованы в рамках стоимостно-ориентированного подхода, что возможно только с учетом методов анализа риска, теории статистических решений при оценке их значения для экономики инженерного проектирования при выработке решений в условиях неопределенности. Комбинированный MODM-метод (первый этап), реализующий теоретико-групповой подход к бинарной оптимизации, позволяет ввести направление в пространстве булевых переменных, что обеспечивает использование на этом этапе для решения поставленных задач рандомизированных методов направленного поиска. Завершающим шагом первого этапа процедуры является формирование конечного множества недоминируемых решений многокритериальной задачи, который

осуществим в результате применения предпочтений критериев в нечетком программировании и организации интреактивной (и итеративной) пошаговой схемы. Решение интерпретированной задачи нечеткого программирования однозначно определяет недоминируемое решение исходной MODM-задачи, и более того, модификация предложенного алгоритма позволяет получить наилучшее компромиссное решение задачи по составу мультиверсионного комплекса управления КА «Гонец-М».

Второй этап соответствует MADM-методу решения многоатрибутивной задачи выбора на полученном конечном множестве недоминируемых альтернатив и комбинирует оценки каждого значения атрибута при отсутствии полной информации о предпочтениях, а также субъективные оценки относительно важности всех атрибутов. Это возможно в результате диалоговой процедуры, причем в реально работающей системе обеспечен режим сверки коэффициентов и обновления информации.

Библиографический список

1. Антамошкин, О. А. Совершенствование процессов проектирования бортовых систем обмена информацией / О. А. Антамошкин, И. В. Ковалев, А. А. Усольцев // Вестник НИИ СУВПТ : сб. науч. тр. Вып. 12. Красноярск, 2003. С. 60–69.

2. Антамошкин, О. А. Многоатрибутивная оценка вариантов бортовой системы обмена информацией / О. А. Антамошкин, И. В. Ковалев, А. А. Усольцев // Современные проблемы информатизации в технике и технологиях : сб. тр. Вып. 9. Воронеж : Научная книга, 2004. С. 210–211.

3. Kovalev, I. V. System of multi-version development of spacecraft control software / I. V. Kovalev // Pro Universitate Verlag Sinzheim. 2001.

4. Антамошкин, О. А. Многоатрибутивные методы учета субъективности оценок при проектировании бортовых систем обмена информацией / О. А. Антамошкин, Р. Ю. Царев, А. А. Усольцев // Вестник университет. комплекса : сб. науч. тр. Вып. 1(15). Красноярск : ВСФ РГУИТП : НИИ СУВПТ. 2004. С. 54–67.

5. Tapia, C. G. Interactive fuzzy programming with preference criteria in multiobjective decision-making / C. G. Tapia, B. A. Murtagh // Computers Ops. Res. 1991. Vol. 18. No. 3. P. 307–316.

6. Антамошкин, О. А. Применение метода многоатрибутивного принятия решений для выбора состава бортовой системы обмена информацией / О. А. Антамошкин // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. Г. П. Белякова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2005. Вып. 6. С. 96–99.

7. Царев, Р. Ю. Учет субъективных предпочтений ЛПР при мультиверсионном проектировании АСУ / Р. Ю Царев. И. В. Ковалев, М. Ю. Слободин // Системы управления и информационные технологии. 2005. № 1(18). С. 44–49.

O. A. Antamoshkin

COMBINED METHOD OF GONETS-M SPACECRAFT CONTROL MULTIVERSION SOFTWARE DESIGN

The combined method developed within the framework of goal-oriented approach to software development is proposed to realize multi-version programming of the complex Gonets-M spacecraft control systems, which requires a high level of fault-tolerance. The design of software module version composition supports the base scheme of N-variant programming, as well as RB-block – a scheme of fault-tolerant programming with recovery block.

Keywords: NVS systems, decision making MADM and MODM methods, spacecraft design.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алгазин Евгений Игоревич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1984 г. Область научных интересов – инвариантные системы передачи информации. E-mail: Root_lukos@koe.ref.nstu.ru.

Аникина Юлия Анатольевна – старший преподаватель кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – региональная экономика, совершенствование управления жилищно-коммунальным развитием. E-mail: anikinay@inbox.ru.

Анищенко Юлия Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1987 г. Область научных интересов – структурные преобразования, реструктуризация предприятий, управление стоимостью предприятия и процессами преобразований. Тел. (391)291-92-80.

Анкудинов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, ведущий конструктор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский балтийский государственный технический университет в 1987 г. Область научных интересов – методы проектирования космических аппаратов. E-mail: aav@npopm.ru.

Антамошкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – техническое направление (системный анализ). E-mail: oleslav@mail.ru.

Антамошкин Олеслав Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-экономических систем Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – системный анализ и управление. E-mail: oleslav@mail.ru.

Антамошкина Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2003 г. Область научных интересов – управление инновациями и инвестиционной деятельностью. E-mail: antamoshkin @mail.ru.

Аплеснин Сергей Степанович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1976 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений. E-mail: aplesnin@sibsau.ru.

Ахатов Рашид Хадиатович – кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский политехнический институт в 1977 г. Область научных интересов – автоматизация технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. E-mail: axatob@istu.edu.

Бабкина Людмила Алексеевна – старший преподаватель кафедры компьютерного моделирования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт космической техники в 1990 г. Область научных интересов – 3D-моделирование. E-mail: L_babkina@mail.ru.

Баранкина Татьяна Андреевна – начальник клинической больницы № 42 города Зеленогорска. Окончила Академию народного хозяйства при Правительстве РФ в 2004 г. Область научных интересов – организация системы здравоохранения. Тел. (839169)4-21-20.

Батукова Луиза Рихардовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – корпоративное развитие, финансовые рынки. E-mail: malilu@yandex.ru.

Бахмарева Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – реорганизация систем управления, процессный подход к управлению, управление качеством, экономический анализ деятельности предприятия, методика преподавания экономических дисциплин. E-mail: bahmareva@sidsau.ru.

Безбородов Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Московское общевойсковое командное училище в 1977 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Белозерцев Владимир Семенович – доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1974 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов. E-mail: braverman-vladimir@rambler.ru.

Беляков Геннадий Павлович – доктор экономических наук, профессор, ректор Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1966 г. Область

научных интересов – экономика народного хозяйства. Тел. (391)264-00-14.

Белякова Галина Яковлевна – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности в 1969 г. Область научных интересов – региональная экономика. Тел. (391)264-05-14.

Богданова Татьяна Александровна – начальник кузнечно-прессовой лаборатории ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1986 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли. E-mail: btal@kramz.rusal.ru.

Бойко Андрей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1990 г. Область научных интересов – управление основными производственными фондами машиностроительных предприятий. E-mail: boiko@sibsau.ru.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела переподготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1985 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, теория автоматического управления, композиционные материалы. E-mail: bouko@sibsau.ru.

Браверман Владимир Яковлевич – доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов. E-mail: braverman-vladimir@rambler.ru.

Брезицкая Валерия Витальевна – сотрудник ЗАО «Делфи». Окончила Институт цветных металлов и золота Сибирского федерального университета в 2007 г. Область научных интересов – обработка информации и информационный менеджмент. E-mail: bresizkajaw@rambler.ru.

Варыгина Мария Петровна – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделении Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 2006 г. Область научных интересов – математическое моделирование, параллельные вычисления. E-mail: varyginam@yandex.ru.

Ващенко Тамара Васильевна – старший преподаватель кафедры финансов и кредита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1977 г. Область научных интересов – риски предпринимательской деятельности, методы анализа и оценки рисков. E-mail: tara-v@mail.ru.

Вдовенко Марина Сергеевна – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончила Институт математики Сибирского федерального университета в 2008 г. Область научных интересов – параллельное программирование, вычислительная математика. E-mail: mail_malvina@mail.ru.

Веретнова Татьяна Анатольевна – старший преподаватель, заместитель декана технологического факультета Института цветных металлов и металловедения Сибирского федерального университета. Окончила Государственную академию цветных металлов и золота в 2001 г. Область научных интересов – теплофизика и теоретическая теплотехника. E-mail: veretnova@mail.ru.

Веселков Сергей Александрович – научный сотрудник Центра исследования космического пространства Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1989 г. Область научных интересов – астрономическая и космическая оптика. E-mail: veselkovsa@sibsau.ru.

Владимирова Ольга Николаевна – кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Алтайский государственный университет в 1992 г. Область научных интересов – финансы и кредит. E-mail: olgav@akadem.ru.

Внукова Наталья Владимировна – редактор управления по связям с общественностью ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1999 г. Область научных интересов – организационно-экономические проблемы авиационно-космических комплексов. Тел. 8-297-647-50.

Волкова Марина Анатольевна – доцент кафедры экономической теории Института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 1999 г. Область научных интересов – проблемы повышения эффективности государственного управления, совершенствование механизма государственного управления региональной экономикой; процедуры оценки результативности деятельности органов государственной власти субъекта Федерации. E-mail: mariusm@krasmail.ru.

Волощук Константин Михайлович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – криптография и другие теоретические и прикладные вопросы информационной безопасности и защиты информации. E-mail: gateslogo@mail.ru.

Воронкович Владимир Зенонович – начальник 1653 военного представительства Министерства обороны Российской Федерации. Окончил Минское высшее инженерное зенитное ракетное училище ПВО в 1977 г. Область научных интересов – оптимизация процессов эксплуатации космической техники. E-mail: ila-mati@yandex.ru.

Гаврильченко Григорий Семенович – старший преподаватель Красноярского филиала Российского государственного социального университета. Окончил Сибир-

скую аэрокосмическую академию в 1995 г. Область научных интересов – экономическая теория. Тел. (391)211-31-06.

Гильц Надежда Евгеньевна – старший преподаватель кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов. E-mail: negilts@mail.ru

Горбенко Татьяна Ивановна – кандидат физико-математических наук, доцент Научно-исследовательского института прикладной математики и механики Томского государственного университета. Окончила Томский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – разработка рецептур и исследование горения высокоэнергетических систем, содержащих наноалюминий. E-mail: gorbenkoti@rambler.ru.

Горяшин Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – силовая электроника, преобразовательная техника, управление в нелинейных системах. E-mail: gorkoya@mail.ru.

Гостева Ольга Валерьевна – старший преподаватель кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию в 1987 г. Область научных интересов – проектный менеджмент. E-mail: Iuna77@mail.ru.

Гриценко Сергей Николаевич – старший преподаватель Сибирского федерального университета. Окончил Красноярское высшее командное училище радиоэлектроники в 1985 г. Область научных интересов – анализ надежности структурно-сложных систем. Тел. 8-908-010-2360.

Грязнова Олеся Александровна – ассистент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, контроллинг. Тел. 8-913-291-92-94.

Давыдов Алексей Дмитриевич – старший научный сотрудник Московского авиационного института. Окончил Московский авиационный институт в 1983 г. Область научных интересов – системный анализ, синергетика, техноценология, управление проектами. E-mail: srd5051@mai.ru.

Данильченко Юрий Витальевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой маркетинга Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1995 г. Область научных интересов – организационно-экономические проблемы авиационно-космических комплексов. E-mail: danilchenko@sibsau.ru.

Демченко Сергей Алексеевич – начальник отдела департамента городского хозяйства администрации города Красноярска. Окончил Новосибирский государственный университет в 1983 г. Область научных интересов – муниципальное управление. E-mail: dserie@akadem.ru.

Дзювина Анна Владимировна – инженер ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Политехнический институт Сибирского федерального университета в 2008 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные и веб-технологии. E-mail: anndzyu@mail.ru.

Доррер Георгий Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Ленинградский кораблестроительный институт в 1960 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: dorrer@akadem.ru.

Егорушкин Олег Игоревич – старший преподаватель кафедры математического моделирования и информатики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – теоретические основы информатики, теоретическое программирование. E-mail: safonovkv@rambler.ru.

Еремина Вера Александровна – аспирант Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончила Красноярский государственный технологический университет в 2000 г. Область научных интересов – исследование налоговых отношений, работа с налоговым законодательством, изучение налоговых споров, практика налогообложения. E-mail: esv007@yandex.ru.

Ерыгина Лилия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета заочного и дополнительного образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1985 г. Область научных интересов – планирование и контроль, система контроллинга деятельности предприятий. E-mail: erigina@sibsau.ru.

Жданов Степан Александрович – ассистент финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – управление процессами инноваций. Тел. (391)291-92-280.

Желиховская Вера Викторовна – начальник отдела регионального развития края Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. Окончила Красноярский государственный университет в 1987 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: v_zhelihovskaya@mail.ru.

Завьялкин Андрей Николаевич – инженер-электроник регионального отдела информационного обеспечения Управления государственной инспекции безопасности дорожного движения по Красноярскому краю. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: symom@inbox.ru.

Замай Сергей Сергеевич – кандидат физико-математических наук, главный специалист отдела связи и информационных технологий Министерства транспорта и связи Красноярского края. Окончил Красноярский государственный университет в 1977 г. Область научных интересов – системный анализ, математическое моделирование, распределенные информационные системы, геоэкология и природопользование. E-mail: zamay@ats.krsnkr.ru.

Захаров Юрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Сибирского государственного технологического университета. Окончил Одесский государственный университет имени И. И. Мечникова в 1957 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. Тел. (391)268-10-38.

Захарова Светлана Витальевна – ассистент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, анализ и аудит. Тел. 8-913-291-92-94.

Зеленков Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – информационные технологии. E-mail: zelenkow@rambler.ru.

Зиненко Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры финансов и кредита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – биржевые котировки, математическое моделирование экономических процессов. E-mail: anna-z@mail.ru.

Золотарева Галина Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: astra07@inbox.ru.

Иванов Борис Дмитриевич – доцент Якутского государственного университета имени М. К. Амосова. Окончил Казанский государственный университет в 1963 г. Область научных интересов – структура и физикохимия газовых гидратов, термодинамика и статическая физика, математическое моделирование. E-mail: bdivanov@yandex.ru.

Иванов Константин Яковлевич – аспирант кафедры прикладной механики Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2007 г. Область научных интересов – зубчатые передачи, редукторы, системы автоматического проектирования механических систем. E-mail: kukoch1985@yandex.ru.

Иванчура Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами. E-mail: eiapu@mail.ru.

Ильин Виктор Алексеевич – начальник отдела автоматизации Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию в 1993 г. Область научных интересов – информационные системы. E-mail: iva@kgtei.ru.

Иосифов Павел Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры испытания летательных аппаратов МАТИ – Российского государственного технологического университета имени К. Э. Циолковского. Окончил МАТИ – Российский государственный технологический университет имени академика К. Э. Циолковского в 1997 г. Область научных интересов – оптимизация процессов эксплуатации космической техники. E-mail: ila-mati@yandex.ru.

Исакова Варвара Владимировна – старший преподаватель кафедры технической физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. Тел. (391)262-2482.

Калинина Наталья Александровна – доцент кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский технологический институт в 1979 г. Область научных интересов – обучающие системы информационной безопасности. E-mail: kna@akadem.ru.

Калугин-Балашов Дмитрий Андреевич – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – теоретическая информатика. Тел. 8962-082-67-98.

Калягина Людмила Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономического анализа и статистики Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Калининский государственный университет в 1980 г. Область научных интересов – прогнозирование устойчивого развития агроэкономической системы. E-mail: evr17@mail.ru.

Капчинский Илья Аркадьевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – мультиверсионное программное обеспечение, надежность программных систем, методы и модели поддержки принятия решений. E-mail: ilya919@mail.ru.

Карасева Маргарита Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1990 г. и Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей. Тел. (391)291-91-41.

Касаткина Елена Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончила Новосибирский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – устройства СВЧ. E-mail: elkas@ngs.ru.

Квасов Алексей Сергеевич – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – программирование. Тел. (391)291-92-34.

Киреев Игорь Валерьевич – кандидат физико-математических наук, доцент, научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Московский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – математическое моделирование, механика. E-mail: kiv@icm.krasn.ru.

Климкин Олег Александрович – начальник сектора ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский институт автоматизации систем управления радионавигации в 1994 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные технологии. E-mail: klimkin@iss-reshetnev.ru.

Ковалев Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1985 г. Область научных интересов – отказоустойчивые программные архитектуры, мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений, мультилингвистические технологии обучения. E-mail: kovalev.fsu@mail.ru.

Ковалев Павел Владимирович – аспирант Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – надежность программного обеспечения. E-mail: pvkovalev@mail.ru.

Ковалева Ангелина Адольфовна – кандидат технических наук, доцент кафедры металловедения и термической обработки металлов Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончила Институт цветных металлов имени М. И. Калинина в 1972 г. Область научных интересов – упрочнение, сверхпластичность металлических материалов, разрушение, стружковые и композиционные материалы, драгоценные металлы. Тел. (391)213-32-86.

Ковалевский Артем Павлович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1992 г. Область научных интересов – прикладная теория вероятностей. E-mail: pandorra@ngs.ru.

Ковальский Болеслав Иванович – доктор технических наук, профессор Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1970 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Краева Екатерина Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – насосные агрегаты подачи малорасходных систем ракетоносителей. E-mail: katbelka@yandex.ru.

Крушенко Генрих Гаврилович – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнева. Окончил Омский машиностроительный институт в 1955 г. Область научных интересов – экономика научных исследований, нанотехнологии. E-mail: genry@icm.krasn.ru

Кузнецов Александр Алексеевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – компьютерное моделирование алгебраических систем. E-mail: alex_kuznetsov80@mail.ru.

Кукарцев Владислав Викторович – старший преподаватель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – автоматизация управления, системный анализ. E-mail: vlad_2000@mail.ru.

Кулясов Евгений Викторович – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Тюменский государственный политехнический университет в 2004 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Тел. 8-905-827-3006.

Куприн Игорь Леонидович – кандидат экономических наук, профессор Московского авиационного института. Окончил Московский авиационный институт в 1968 г. Область научных интересов – системный анализ, синергетика, техноценология, управление проектами. E-mail: srd5051@mai.ru.

Лайков Алексей Николаевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский филиал Московского государственного университета экономики, статистики и информатики в 2006 г. Область научных интересов – мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений. Тел. 8-923-282-24-22.

Лапко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Фрунзенский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов, моделирование и оптимизация систем при неполной информации. E-mail: lapko@icm.krasn.ru.

Лапко Василий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой космических

средств и технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, моделирование систем, непараметрические коллективы решающих правил, распознавание образов. E-mail: lapko@icm. krasn.ru.

Латышенко Галина Ивановна – доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Иркутский политехнический институт в 1982 г. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: latyshenko59@mail.ru.

Легалов Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий научно-учебной лабораторией «Технологии программирования» Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – технология программирования, языки программирования и трансляторы, параллельное программирование, системы реального времени. E-mail: legalov@mail.ru

Ледяев Дмитрий Николаевич – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – системный анализ, многокритериальный анализ. E-mail: dlediyev@mail.com6.

Лелеков Александр Тимофеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию в 2002 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов, системы электропитания космических аппаратов. Тел. 8-902-965-96-06.

Лесков Виталий Олегович – аспирант Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный политехнический институт в 2007 г. Область научных интересов – информационные системы в обучении, модели данных и алгоритмы. E-mail: char1986@mail.ru.

Логачева Ирина Анатольевна – студент 4-го курса кафедры экономики финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – инвестиционная привлекательность российских предприятий. E-mail: revera@yandex.ru.

Лосев Василий Владимирович – аспирант, ассистент кафедры автоматизации производственных процессов Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – информационные технологии, системы управления базами данных, автоматизированные системы управления. E-mail: basilos@mail.ru.

Лукьянова Анна Александровна – доктор экономических наук, профессор, проректор по учебной работе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Новосибирский сельскохозяйственный институт в 1983 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством, региональная экономика. E-mail: lukianovaaa@sibsau.ru; dekanatfef@sibsau.ru.

Малинкин Виталий Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры многоканальной электрической связи и оптических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1975 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.su.

Малинкин Евгений Витальевич – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2005 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.su.

Мальцева Татьяна Валерьевна – студент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – идентификация и моделирование, теория непараметрического оценивания. E-mail: nonparametric@mail.ru.

Малышева Наталья Николаевна – старший преподаватель Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – машиноведение, трение, износ и смазка. E-mail: nataly.nm@mail.ru.

Масич Игорь Сергеевич – кандидат физико-математических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – системный анализ, комбинаторная оптимизация, анализ данных. E-mail: i-masich@eandex.ru.

Метелица Артем Александрович – старший преподаватель кафедры подъемно-транспортных машин и роботов Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Миллер Екатерина Игоревна – начальник отдела анализа и прогнозирования социально-экономического развития края Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. Окончила Красноярский государственный университет в 1985 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: miller@con-krsk.ru.

Милосердов Евгений Евгеньевич – аспирант кафедры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2000 г. Область научных интересов – моделирование процессов теплоэнергетики. E-mail: miloserdovee@kf.sibserv.com.

Минеев Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор Сибирского федерального университета.

Окончил Сибирский государственный технологический университет в 1970 г. Область научных интересов – моделирование процессов теплоэнергетики. Тел. (391)249-82-53.

Митасов Игорь Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Новосибирский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем. E-mail: mitasovI@rambler.ru.

Михалев Герман Семенович – доктор экономических наук, профессор кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – методология исследований и разработка хозяйственных систем. Тел. 8-903-920-10-56.

Москвин Антон Иванович – аспирант кафедры физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – физика магнитных явлений, моделирование методик Монте-Карло. E-mail: anton.moskvin@mail.ru.

Мукоед Леонид Мартьянович – кандидат экономических наук, профессор финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1966 г., Сибирский технологический институт в 1980 г. Область научных интересов – управление процессами инноваций. Тел. (391)291-92-80.

Нагаева Ольга Сергеевна – младший научный сотрудник Красноярского отдела Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 1999 г. Область научных интересов – региональная экономика, экономика природопользования, инвестиционный анализ. E-mail: ecpro@mail.ru.

Никулин Николай Анатольевич – аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – многофазный линейный асинхронный двигатель с поперечным потоком. E-mail: nik_nick@mail.ru.

Оболонин Иван Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1979 г. Область научных интересов – звуковое вещание, аудиотехника. E-mail: oinandein@mail.ru.

Оборина Людмила Ивановна – инженер-менеджер фирмы «Союз». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2001 г. Область научных интересов – менеджмент качества, технологическое обеспечение качества. Тел. (391)220-94-56.

Однокурцев Константин Андреевич – аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – автоматизация технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. E-mail: kodn82@gmail.com.

Окладникова Нина Васильевна – ведущий инженер-металловед ООО «Литейно-механический завод „СКАД“». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1978 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительной отраслях. E-mail: onv@skad.ru.

Островских Татьяна Илларионовна – старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский педагогический институт в 1987 г. Область научных интересов – совершенствование механизма управления инвестиционными процессами. E-mail: t.ostrovskih@mail.ru.

Охоткин Кирилл Германович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, начальник научно-инновационного управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. E-mail: okg@sibsau.ru.

Павлов Иван Иванович – инженер эксплуатации базовых станций ЗАО «Собиком-Новосибирск». Окончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2007 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Тел. 8-383-2620-776.

Пацук Ольга Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский технологический институт в 1993 г. Область научных интересов – региональная экономика, управление территориями. E-mail: pasuk@sibsau.ru.

Перебоева Августа Алексеевна – кандидат технических наук, доцент Института химии, металлургии и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1969 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительных отраслях. Тел. 8-950-996-40-28.

Перов Геннадий Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Воронежский государственный университет в 1974 г. Область научных интересов – моделирование электронных процессов в компонентах интегральных микросхем. E-mail: mef@ngs.ru.

Петрова Наталья Ивановна – инженер-программист кафедры информационных технологий и математического моделирования Красноярского государственного

торгово-экономического института. Окончила Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – информационные системы, прикладная статистика. E-mail: itmm@kgtei.ru.

Пискунова Наталья Ивановна – кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный университет в 2004 г. Область научных интересов – физика магнитных явлений, моделирование. E-mail: light_mylife@mail.ru.

Победаш Павел Николаевич – кандидат физико-математических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – математическая экономика, теория оптимизации. Тел. 8-905-511-78-95.

Попов Анатолий Анатольевич – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: popov@bms.krasnoyarsk.ru.

Поподько Галина Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Красноярского отдела Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Новосибирский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – социально-экономическое развитие теории, уровень жизни, трудовые ресурсы, механизмы инновационного развития страны и региона. E-mail: pgi90@bk.ru.

Прохоров Виктор Владимирович – доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский институт цветных металлов в 1983 г., Красноярский государственный университет в 1993 и 1999 гг. Область научных интересов – реальные и финансовые инвестиции. E-mail: kfnaufor@pop3.kts.ru.

Пыжикова Наталья Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономического анализа и статистики Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский сельскохозяйственный институт в 1988 г. Область научных интересов – эффективность агропромышленного комплекса. E-mail: pyzhikova@krasagro.ru.

Рагозина Марина Алексеевна – старший преподаватель кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов имени М. И. Калинина в 1988 г. Область научных интересов – инновационный менеджмент, организация производства на предприятиях отрасли. E-mail: ragfil@mail.ru.

Ремизов Игорь Анатольевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской и биологической физики Красноярского государственного медицинского университета. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического университета в 1978 г. Область научных интересов – физика твердого тела. Тел. (391)221-74-72.

Решетникова Светлана Николаевна – заведующая методическим кабинетом при диссертационных советах Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1980 г. Область научных интересов – повышение физико-механических характеристик сплавов при производстве деталей силовых установок. E-mail: rsn@Sibsau.ru.

Робозов Сергей Алексеевич – младший научный сотрудник, начальник отдела информационных систем регионального и муниципального управления ООО «Торинс». Окончил Красноярский политехнический университет в 2001 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: bm@torins.ru.

Рыговская Наталья Анатольевна – аспирант Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончила Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2008 г. Область научных интересов – звукотехника, звуковое вещание, аудиотехника. E-mail: n.rygovskaya@vgroup.ru.

Рябищук Ирина Владимировна – аспирант финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008. Область научных интересов – инновационная и региональная экономика. E-mail: saxarok_13@mail.ru.

Садовская Оксана Викторовна – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 1997 г. Область научных интересов – параллельные вычисления, механика. E-mail: o_sadov@icm.krasn.ru.

Садовский Владимир Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – математическое моделирование. E-mail: sadov@icm.krasn.ru.

Саренков Александр Валерьевич – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов, гибридные алгоритмы. E-mail: saav85@inbox.ru.

Сафонов Константин Владимирович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой прикладной математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – многомерный комплексный анализ и его приложения, фундаментальная информатика. Тел. 8-902-910-33-84.

Сединин Валерий Иванович – заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1973 г. Область научных интересов – применение мультимедийных технологий в сервисе телекоммуникаций. E-mail: sedvi@bk.ru.

Селиванова Марина Анатольевна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский филиал Московского экономического института в 2007 г. Область научных интересов – прикладная информатика, лингводидактика, информационные технологии адаптивного обучения.

Семенкин Евгений Станиславович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация сложных систем, интеллектуальный анализ данных, эволюционные алгоритмы. E-mail: saor_semenkin@sibsau.ru.

Сенашов Сергей Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-экономических наук Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – механика твердого тела, математическое моделирование в экономике. E-mail: sen@sibsau.ru.

Сергиенко Роман Борисович – студент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, лауреат стипендии Президента РФ, победитель конкурса по программе У.М.Н.И.К. Область научных интересов – моделирование и оптимизация сложных систем, интеллектуальные информационные технологии, коэволюционные алгоритмы. Тел. (391)291-91-41.

Скворцова Вера Андреевна – инженер деканата финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством: теория управления экономическими системами. E-mail: skvortsova@sibsau.ru.

Скориков Валентин Сергеевич – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем, надежность программного обеспечения. E-mail: vale-skorikov@mail.ru.

Степанов Владимир Васильевич – начальник отдела эксплуатации производственно-технического управления ОАО «Шестая объединенная генерирующая компания». Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – диагностика металлоизделий. E-mail: vstepanov@iap.ogk6.ru.

Стерехов Игорь Владимирович – инженер-механик ОАО «Хакасэнерго». Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества. Тел. (391) 291-92-14.

Ступина Алена Александровна – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1995 г. Область научных интересов – системный анализ. E-mail: saa5@yandex.ru.

Стюгин Михаил Андреевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – информационная безопасность, рефлексивный анализ конфликтов, теория игр. Тел. (391)291-91-41.

Суханов Владимир Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – исследование многофазных машиновентильных систем. Тел. (391) 249-56-23.

Сысенко Кирилл Владимирович – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: kirillfait@mail.ru.

Тестоедов Николай Алексеевич – доктор технических наук, генеральный конструктор, генеральный директор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский военно-механический институт в 1974 г. Область научных интересов – проектирование космических аппаратов и космических систем. Тел. 8(391-97) 264-529.

Товбис Елена Михайловна – старший преподаватель кафедры информационных технологий Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2005 г. Область научных интересов – программная поддержка образовательного процесса, технологии разработки программных комплексов, анализ педагогических данных. E-mail: sibstu2006@rambler.ru.

Третьякова Людмила Павловна – технолог ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1988 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли. Тел. 8-923-294-6-68.

Трифанов Иван Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов –

технология производства летательных аппаратов и технологическое обеспечение качества изделий машиностроения. Тел. 8(391)91-92-14.

Трифанова Татьяна Александровна – инженер ОАО «Красмаш». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества и надежности изделий. Тел. 8(391)291-92-14.

Туровец Денис Геннадьевич – аспирант кафедры международного бизнеса, младший научный сотрудник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – маркетинг, менеджмент, региональная экономика. E mail: denik2008@sidsau.ru.

Тюнягин Денис Вячеславович – инженер-конструктор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – космическое проектирование. E-mail: dtv.krasnoyarsk@mail.ru.

Фаворская Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Рыбинский авиационный технологический институт в 1980 г. Область научных интересов – искусственный интеллект, распознавание образов, обработка и распознавание изображений. E-mail: favorskaya@sibsau.ru.

Федоренко Илья Владимирович – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 1994 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: fedorenko2@mail.ru.

Фонина Татьяна Александровна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила магистратуру Сибирского государственного университета имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – информационные технологии адаптивного обучения иностранной терминологической лексике.

Хамитов Рустам Нуриманович – кандидат технических наук, доцент Омского государственного технического университета. Окончил Омский политехнический институт в 1984 г. Область научных интересов – виброзащитные устройства с управляемыми пневмоамортизаторами. E-mail: apple_27@mail.ru.

Химин Евгений Борисович – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1988 г. Область научных интересов – подготовка кадров (народное хозяйство). E-mail: ekhimin@yandex.ru.

Хохлов Аркадий Пантелеймонович – ведущий инженер Российского государственного гуманитарного университета (филиал г. Красноярска). Окончил Красноярский политехнический институт в 1992 г. Область научных интересов – информационные технологии, обработка информации. E-mail: info@kras-rggu.ru.

Цуканов Александр Владимирович – технический директор ООО «Маркет-строй». Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – электрофизическая обработка металлов. Тел. 8-902-913-64-78.

Чалкин Тимур Александрович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – криптография и другие теоретические и прикладные вопросы информационной безопасности и защиты информации. E-mail: booroo@rambler.ru.

Черепанова Ольга Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – уравнения в частных производных, обратные задачи. E-mail: cheronik@mail.ru.

Чимитов Павел Евгеньевич – аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники факультета транспортных систем Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – технологическая подготовка сборочного производства в самолетостроении. E-mail: proteus1982@mail.ru.

Шапарев Николай Якимович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Томский университет в 1966 г. Область научных интересов – природопользование, экономика и физика. E-mail: schaparev@icm.krasn.ru.

Шевелева Регина Николаевна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 2003 г. Область научных интересов – региональная экономика, региональное развитие. E-mail: 23regina@ravdler.ru.

Шестаков Иван Яковлевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электронной техники и телекоммуникаций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – теплофизика и теоретическая теплотехника. Тел. (391)262-27-80.

Шестернева Олеся Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – идентификация и моделирование, теория непараметрического оценивания, методы теории автоматизированного управления. E-mail: saor--_shesterneva@sibsau.ru.

Ширяева Тамара Алексеевна – кандидат физико-математических наук, доцент Красноярского государствен-

ного аграрного университета. Окончила Иркутский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – теория вероятностей, математическая статистика. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

Шишов Владимир Валерьевич – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и математического моделирования Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончил Красноярский государственный университет в 1993 г. Область научных интересов – прикладная статистика, информационные системы, дендроклиматология. E-mail: schishov@forest.akadem.ru.

Шлепкин Анатолий Константинович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой прикладной математики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – теория групп. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

Шпак Анастасия Сергеевна – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2006 г. Область научных интересов – экономическая безопасность, региональная экономика, промышленная и торговая политика. E-mail: shpak@sibsau.ru.

Шукшина Екатерина Евгеньевна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 2003 г. Область научных интересов – информационные системы в обучении, модели данных и алгоритмы. E-mail: katerok2000@mail.ru.

Югай Александр Яковлевич – аспирант Института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил государственный университет цветных металлов и золота в 2006 г. Область научных интересов – оптимизация сложных экономических систем. E-mail: yugais @rambler.ru.

Юткин Александр Владимирович – инженер-программист ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные технологии. E-mail: rampa56@mail.ru.

Якименко Ольга Николаевна – старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента филиала Сибирского федерального университета в городе Зеленогорске. Окончила Красноярский государственный университет в 1984 г., Кемеровский государственный университет в 2001 г.. Область научных интересов – экономика и маркетинг медицинских услуг. E-mail: dmytry238@rambler.ru.

Яшкин Валерий Игоревич – студент 4-го курса финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: yakov.mail@rambler.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА 3

Шестернева О. В., Мальцева Т. В. Метод построения математической модели линейного динамического объекта 4

Бабкина Л. А., Шестаков И. Я., Квасов А. С. Численное моделирование двумерных электростатических полей при электрохимическом полировании 9

Митасов И. М., Завьялкин А. Н. Метод проектирования в задаче вычисления параметров многофакторной регрессионной модели 14

Семенкин Е. С., Сергиенко Р. Б. Коэволюционный генетический алгоритм решения сложных задач условной оптимизации 17

Егорушкин О. И., Калугин-Балашов Д. А., Сафонов К. В. О разрешимости систем некоммутативных алгебраических уравнений, порождающих контекстно-свободные языки 21

Победаш П. Н. Асимптотический анализ двухкритериальной модели реальных инвестиций на основе z-преобразования 24

Кузнецов А. А., Шлепкин А. К., Антамошкин А. Н. Об одном критерии конечности бернсайдовой группы $B(2,5)$ 29

Лапко А. В., Лапко В. А., СаренковА. В. Гибридный алгоритм распознавания образов и его свойства 31

Шишов В. В. Метод эмпирических категориальных коррелограмм и его применение 33

Кузнецов А. А. Теоретико-множественный анализ алгебраических систем в задачах распознавания групп по их спектру 38

Masich I. S. Combinatorial optimization in foundry production planning 40

Ширяева Т. А. Верхняя оценка вероятности нахождения гильбертовой случайной функции в заданной области 45

Antamoshkin A. N., Stupina A. A. On clases of functions with binary variables 47

Легалов А. И., Ледяев Д. Н., Анкудинов А. В. Инструментальная поддержка многокритериального анализа при разработке сложных технических систем 50

Алгазин Е. И., Касаткина Е. Г., Ковалевский А. П., Малинкин В. Б. Помехоустойчивость инвариантной системы передачи информации, основанной на когерентном приеме и при наличии слабых корреляционных связей 55

Перов Г. В., Сединин В. И. Влияния подвижного положительного заряда на электронную проводимость диэлектрика с неоднородной блокирующей границей 59

Волощук К. М., Чалкин Т. А. Протокол прозрачного шифрования данных, передаваемых по каналу «земля–борт» 61

Семенкин Е. С., Стюгин М. А. Защита от исследования и ее применение в системах безопасности 66

Капчинский И. А., Ковалев П. В., Лайков А. Н., Гриценко С. Н. К вопросу формирования мультиверсионного программного обеспечения с учетом ресурсных ограничений 70

Малинкин В. Б., Кулясов Е. В., Малинкин Е. В., Павлов И. И. Асимметричный инвариантный эхо-компенсатор второго порядка без защитного временного интервала и его характеристики 74

Ковалев И. В., Ковалев П. В., Скориков В. С., Гриценко С. Н. Оценка времени выполнения мультиверсионных программ на кластере с последовательной и параллельной архитектурой обмена данными 79

Сенашов С. И., Черепанова О. Н. Гомотопия решений уравнения минимальных поверхностей 84

Оболонин И. А., Рыговская Н. А. Анализ влияния фильтрации при первичном импульсно-кодовом преобразовании на искажения сигнала на входе кодеров с компрессией аудиоданных 85

Aplesnin S. S., Moskvin A. I., Piskunova N. I. Simulation of the magnetic structure upon ordering e_g orbitals to the quasi-one- and quasi-two-dimensional magnets by a quantum Monte Carlo metod 87

Воронкович В. З., Иосифов П. А. Математическое обеспечение метода планирования подготовки систем контрольно-проверочной аппаратуры к испытаниям электро- и радиосистем космических аппаратов на техническом комплексе 93

Karaseva M. V. Multilingual technology. System aspects of its organization and usage 99

Варыгина М. П., Киреев И. В., Садовская О. В., Садовский В. М. Программное обеспечение для анализа волновых движений в моментных средах на многопроцессорных вычислительных системах 104
Селиванова М. А., Фонина Т. А., Шукшина Е. Е. Адаптивная система обучения терминологической лексике английского языка 108
Иванов Б. Д. Разработка газ-газогидратного пласта десорбционным методом при сохранении двухфазного и трехфазного равновесий 115
Ковалев И. В., Лесков В. О., Шукшина Е. Е. Процедура построения частотного словаря на основе лексически связанных компонентов 119
Захаров Ю. В., Исакова В. В., Охоткин К. Г. Аналогия перемагничивания обменно-связанной магнитной структуры и изгиба упругого стержня со сжатием 122
Зеленков П. В., Брезицкая В. В., Карасева М. В., Хохлов А. П. Система обработки узкоспециализированной информации в корпоративных сетях 125
Доррер Г. А., Попов А. А., Сысенко К. В. Исследование жизненного цикла электронных информационных ресурсов 128
Лесков В. О. Формирование лексически связанных компонентов информационно-терминологического базиса 133
Шишов В. В., Ильин В. А., Петрова Н. А. Интерактивная информационная система дендроклиматического мониторинга 136
Фаворская М. Н. Нахождение движущихся видеообъектов с применением локальных 3D-структурных тензоров 141
Калинина Н. А. Моделирование атакующих воздействий и средств защиты корпоративной сети с помощью сетей Петри 147
Вдовенко М. С., Доррер Г. А. Об эффективности параллельных алгоритмов при моделировании динамики лесных пожаров 152
Иванчура В. И., Суханов В. В., Никулин Н. А. Исследование электропривода с многофазным линейным асинхронным двигателем поперечного потока 157
Юткин А. В., Климкин О. А., Дзювина А. В. Внедрение информационных технологий при проектировании радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата и тепловом анализе печатных плат 161

РАЗДЕЛ 2. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА 167

Краева Е. М. К расчету эксплуатационных параметров центробежных насосов малой быстроходности 168
Бойко О. Г. Направления решения задачи обеспечения исправности функциональных систем самолетов эксплуатантами 171
Горбенко Т. И. Регулирование энергетических характеристик топлив на основе нитрата аммония 173
Тестоедов Н. А., Трифанов И. В., Стерехов И. В., Оборина Л. И., Трифанова Т. А. Разработка антенно-фидерных устройств диапазона крайне высоких частот 178
Тюнягин Д. В. Распределенная система управления легких космических аппаратов, построенная на базе технологий «система на кристалле» и SpaceWire 182
Хамитов Р. Н. Пневматический упругий элемент дифференциального типа 188
Антамошкин О. А. Комбинированный метод формирования мультиверсионного программного обеспечения управления космическим аппаратом «Гонец-М» 191

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 197

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS 3

Shesterneva O. V., Maltseva T. V. On mathematical linear dynamic object modelling 4
Babkina L. A., Shestakov I. Ya., Kvasov A. S. Numerical modeling by two-dimensional electrostatic fields at electrochemical polishing 9
Mitasov I. M. , Zavyalkin A. N. Projecting method in problem of parameters calculating of regressive multifactor-model 14
Semenkin E. S., Sergienko R. B. Coevolutionary genetic algorithm for solving complex problems of constrained optimization 17
Egorushkin O. I., Kalugin-Balashov D. A., Safonov K. V. On system solvability of non-commurative algebraic equations gerated context context-free languages 21
Pobedash P. N. Asimptotical analysis of the two-criterion model of the real invesment on the basis of the *Z*-transformation 24
Kuznetsov A. A., Shlepkin A. K., Antamoshkin A. N. On finiteness criterion of burnside group B(2,5) 29
Lapko A. V., Lapko V. A., Sarenkov A. V. Hybrid algorithm of pattern recognition and its properties 31
Shishov V. V. Method of empirical categorial correloramms and its application 33
Kuznetsov A. A. Set-theoretic analysis of algebraic problebms of groups recognizability by spectrum 38
Масич И. С. Комбинаторная оптимизация для планирования загрузки литейного производства 40
Shiryaeva T. A. Top estimation of the probability of the hilbert stochastic function findingin the set space 45
Антамошкин А. Н., Ступина А. А. О классах функций с бинарными переменными 47
Legalov A. I., Ledyaev D. N., Ankudinov A. V. Instrumental support of multicriterion analysis in complex technical system development 50
Algazin E. I., Kasatkina E. G., Kovalevsky A. P., Malinkin V. B. Noise immunity of the invariant system of information transmission based on coherent reception by existence of weak correlation communications 55
Perov G. V., Sedinin V. I. Influence of mobile positive charge on electronic conductivity of dielectric with heterogeneous blocking border 59
Voloshchuk K. M., Chalkin T. A. Transparent encryption protocol for data transmitted via «surface-to-board» channel 61
Semenkin E. S., Styugin M. A. Protection against investigation and application in security systems 66
Kapchinsky I. A., Kovalev P. V., Laykov A. N., Gritsenko S. N. On multiversion software formation considering the resource constraints 70
Malinkin V. B., Kulyasov E. V., Malinkin E. V., Pavlov I. I. Asymmetric invariant echo-canceller of the second order without protective time interval al and its characteristics 74
Kovalev I. V., Kovalev P. V., Skorikov V. S., Gritsenko S. N. Time evaluation of multi-version programs executing by cluster system using serial and parallel architecture of date exchange 79
Senashov S. I., Cherepanova O. N. Homotopy of minimal surfaces equation solutions 84
Obolonin I. A., Rygovskaya N. A. Filtration influence analysis at primary pulsed-code conversion on input signals distortion of coders with audio data compression 85
Аплеснин С. С., Москвин А. И., Пискунова Н. И. Вычисление магнитной структуры при упорядочении e_g орбиталей в квазиодномерных и квазидвумерных магнетиках квантовым методом Монте-Карло 87
Voronkovich V. Z., Iosifov P. A. Mathematichal providing of the planning method of supervisory equipment system preparation for electronic and radiotesting of spacecrafts 93
Карасева М. В. Мультилингвистическая технология. Системные аспекты организации и применения 99
Varygina M. P., Kireev I. V., Sadovskaya O. V., Sadovsky V. M. Software for the analysis of wave motion in moment continua on parallel supercomputers 104
Selivanova M. A., Fonina T. A., Shukshina E. E. Adaptive training system of English terms vocabulary 108
Ivanov B. D. Mining of gas-gashydrate stratum by desorbtion method at preservation of two-phase and three-phase equilibriums 115

Kovalev I. V., Leskov V. O., Shukshina E. E. The process of frequency dictionary building on the base of lexical related componets 119
Zakharov Yu. V., Isakova V. V., Okhotkin K. G. Analogy of magnetization reversal of a magnetic bilayer system and nonlinear bending of a elastic rod with compression 122
Zelenkov P. V., Brezitskaya V. V., Karaseva M. V., Khohlov A. P. Processing system of the highly tailored information in networks 125
Dorrer G. A., Popov A. A., Sysenko K. V. Living cycle investigation of the electronic information resources 128
Leskov V. O. Formation of lexically related componets of information-vocabulary basis 133
Shishov V. V., Iljin V. A., Petrova N. A. Interactive information system of dendroclimatic monitoring 136
Favorskaya M. N. Detection of moving video objects based on local 3D-structure tensors 141
Kalinina N. A. Attack modeling of network security by means of petri nets 147
Vdovenko M. S., Dorrer G. A. On efficiency analysis of the parallel algorithms for modeling the forest fire spreading 152
Ivanchura V. I., Suchanov V. V., Nikulin N. A. Investigation drive system with the multiphase transverse flux linear induction motor 157
Yutkin A. V., Klimkin O. A., Dzyuvina A. V. Electronic equipment of spacecraft and thermoanalysis of printed-circuit-boards 161

PART 2. AVIATION AND SPACE-ROCKET ENGINEERING 167

Kraeva E. M. To the operational parameters calculation of centrifugal pumps of small rapidity 168
Boyko O. G. Directions of the exploiter airplanes in good condition maintenance problem solution 171
Gorbenko T. I. Adjustment of power performances of propellant based on ammonium nitrate 173
Testoedov N. A., Trifanov I. V., Sterekhov I. V., Oborina L. I., Trifanova T. A. Constructing element basis of the transmit-receive equipment for extremely high frequency 178
Tyunyagin D. V. Distributed control system constructed on the basis of technologies «system on crystal» and spacewire 182
Khamitov R. N. Pneumatic elastic elements of differential type 188
Antamoshkin O. A. Combined method of gonets-m spacecraft control multiversion software design 191

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 197

Приложение № 2
к Положению № 63/74 от 15.03.06
о журнале «Вестник СибГАУ»

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИКЕ СИБГАУ»

Общие требования. Тексты статей представляются в редакцию журнала в электронном и печатном виде на русском языке с английским переводом в конце статьи фамилии автора(ов), названия статьи, аннотации и ключевых слов. Файл со статьей представляется на любом электронном носителе.

На последней странице ставится подпись автора(ов) статьи. Количество авторов одной статьи – не более пяти. Автор имеет право публиковаться в выпуске один раз, второй раз – в соавторстве.

Индекс УДК предшествует названию статьи, соответствует заявленной теме и проставляется в верхнем левом углу листа.

Оригинал должен быть чистым, не помятым, без правок, вписанных от руки. Страницы нумеруются карандашом на обороте.

Электронная копия. Статья набирается в программе Microsoft Word.

Содержание. В статье необходимо сформулировать проблемы, отразить объект исследования, достигнутый уровень процесса исследования, новизну результатов, область их применения.

Статья должна заканчиваться выводом. Текст вывода набирается отдельным абзацем (абзацами), в котором акцентируется новизна результатов, эффективность их использования и др.

Объем статьи: 7–8 страниц (включая рисунки, таблицы и библиографический список).

Параметры страницы. Формат А4 (210×297). Поля: правое и левое – 2 см., верхнее и нижнее – 2,5 см.

Текст. Шрифт – Times New Roman, размер 12 пт.

По центру набираются инициалы, фамилия автора(ов).

Не допускается (!) в тексте статьи набирать текст прописными (заглавными) буквами, жирным шрифтом или курсивом, а также размещать все указанные элементы в рамках и имитировать оформления набора, выполняемого в журнале.

Ниже по центру шрифтом 12 пт печатается название статьи и через строку (курсивом) – аннотация, ключевые слова (не более 6).

Основной текст статьи размещается через пробел от аннотации. Межстрочный интервал – одинарный, межбуквенный и междусловный интервал – нормальный, перенос слов не допускается. Заголовки должны быть центрированы.

Абзацный отступ равен 0,5 см.

Ссылки на литературные или иные источники оформляются числами, заключенными в квадратные скобки, например [1]. Ссылки должны быть последовательно пронумерованы.

***Примечания*:** 1. Смысловые пояснения основного текста или дополнения к нему оформляются в виде внутритекстовых примечаний среди строк основного текста специальной рубрикой, выделенной светлым курсивом: *Примечание*: (одно примечание), *Примечания*: (несколько примечаний). Отделяются от текста *точкой* (если стоят в единственном числе в подбор к тексту примечания).

Примечания должны быть последовательно пронумерованы.

2. При наличии гранта ссылка на грант помещается внизу полосы под строками основного текста (подстрочное примечание).

Формулы. Простые внутристрочные и однострочные формулы должны быть набраны без использования специальных редакторов – символами (шрифт Symbol). Специальные сложные символы, а также многострочные формулы, которые не могут быть набраны обычным образом, должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. Набор математических формул в пределах всего текста должен быть единообразен:

– русские и греческие символы – прямым шрифтом;
– латинские – курсивом;
– размер обычного символа – 12 пт;
– крупный индекс – 10 пт;
– мелкий индекс – 9 пт;
– крупный символ – 11 пт;
– мелкий символ – 10 пт.

Формулы, набранные отдельными строками, располагают по центру.

Не допускается (!) набор в основном тексте статьи простых латинских, греческих или специальных символов в редакторе формул.

Таблицы должны быть последовательно пронумерованы. Слово «таблица» набирается светлым курсивом с выравниванием вправо, шрифтом 11, например *Таблица 1*, ниже – заглавие таблицы (набирается жирным шрифтом по центру). Если таблица имеет большой объем, то она может быть помещена на отдельной странице, а в том случае, когда она имеет значительную ширину, – на странице с альбомной ориентацией.

Иллюстрации. Оформляются отдельным файлом с расширением tiff. Последовательно пронумеровываются обычным шрифтом без кавычек с выравниванием по центру, например, Рис. 1. Могут содержать подрисуночную подпись, шрифтом 11 пт. Иллюстрации могут быть сканированы с оригинала (в градациях серого с разрешением 150 dpi) или выполнены средствами компьютерной графики. Не принимаются цветные иллюстрации или иллюстрации с разрешением 300 dpi и более.

Библиографический список составляется в соответствии с действующими требованиями к библиографическому описанию и помещается после основного текста (ГОСТ 7.1–2003).

Текст на английском языке (в русскоязычной версии) приводится в конце статьи и включает перевод заглавия статьи, фамилию автора(ов), аннотацию и ключевые слова (не более 6).

К печатному варианту статьи необходимо приложить:

1. Экспертное заключение о возможности открытой публикации.

2. Сведения об авторе(ах):

– фамилия, имя, отчество (полностью);
– ученая степень, звание, должность;
– вуз, год его окончания;
– область научных интересов;
– место работы, номер телефона;
– адрес для переписки (для иногородних);
– e-mail.

ВНИМАНИЕ! Материалы статьи авторы сдают лично секретарю журнала или высылают почтой с указанием обратного адреса. Электронной почтой статьи не принимаются.

Статьи рецензируются. Отклоненные материалы не возвращаются

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 2 (23)

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

Заместители главного редактора:
доктор технических наук
профессор
И. В. Ковалев

доктор технических наук
профессор
Л. Г. Шаймарданов

Редакционная коллегия:
С. С. Аплеснин
Е. Н. Головенкин
Ю. В. Ерыгин
М. В. Краев
В. Д. Лаптенок
А. Н. Ловчиков
А. В. Медведев
В. В. Москвичев
В. А. Охорзин
К. Г. Охоткин (отв. секретарь)
С. И. Сенашов
В. Г. Сомов

Учредитель
Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2009
© Коллектив авторов, 2009

К СВЕДЕНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

«Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева» (Вестник СибГАУ) – межрегиональный научный журнал, содержащий результаты научных исследований в области естественных, технических и прикладных наук по вопросам проектирования, производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники, а также экономики

Представленные в журнал статьи публикуются после обязательного рецензирования и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.vestnik.sibsau.ru)

Периодичность – 4 раза в год
Специальный выпуск – 1 раз в год

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки – http: //www.elibrary.ru и сайте журнала (www.vestnik.sibsau.ru)

Журнал включен в каталоги:
российской прессы «Роспечать» (МАП) – 11399;
объединенный «Пресса России» – 39263

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, 660014, Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий, 31, П-415
Тел./факс (391)291-90-19
E-mail: vestnik@sibsau.ru

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникации и охраны культурного наследия, свидетельство ПИ № ФС77-22189 от 27.10.2005 г.

Журнал включен ВАК России в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук»

При перепечатке или цитировании материалов из журнала «Вестник СибГАУ» ссылка обязательна

Редакторы Е. Г. Некрасова, Т. А. Ермолаева, Т. Е. Ильющенко, А. И. Эберле, О. А. Плехова
Редактор английского текста М. В. Карасева
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 25.06.2009. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 38,6.
Уч.-изд. л. 70,0. Тираж 1000 экз. С 70/9.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии ИП Суховольской Ю. П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

УДК 621.746

Г. Г. Крушенко, С. Н. Решетникова

ЖАРОПРОЧНЫЕ СПЛАВЫ И НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АЭРОКОСМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Описаны жаропрочные сплавы и некоторые технологии получения из них изделий для аэрокосмической техники.

Ключевые слова: сплавы, технологии, аэрокосмическая техника.

В связи с тем, что в процессе эксплуатации отдельные узлы и механизмы летательной аппаратуры подвергаются отличающимися воздействиями (термическим, силовым, газовой среде, коррозии и др.), комплектующие их детали изготавливают из сплавов, обладающих свойствами, противостоящими этим воздействиям, что требует применения сотен композиций, а также различных технологий изготовления из них деталей.

Конструкционные материалы характеризуются двумя основными параметрами [1]: прочностью, отвечающей за надежность работы сплава, и пластичностью – его способностью к формообразованию. При этом широкое применение находят только такие сплавы, у которых высок уровень обеих составляющих. Сплавы на основе железа, алюминия, магния, титана и др. охватывают огромный диапазон прочности и пластичности, что и предопределяет их использование в конструкциях до 95...96 % от массы машиностроительного изделия.

Особое место в авиации и ракетной технике занимают жаропрочные коррозионно-стойкие сплавы, детали из которых работают под нагрузками при температуре выше 1 000 °С.

Доля литых деталей в отдельных типах ЖРД составляет до 30 % массы двигателя [2].

Важнейшая задача при создании газотурбинного двигателя (ГТД) – повышение жаропрочности турбинных лопаток, в связи с тем, что в процессе эксплуатации они подвергаются высоким тепловым (температура газа перед турбиной достигает 1 640…1 940 К) и силовым нагрузкам (высокие «разрывающие» центробежные силы, например, частота вращения вентилятора двигателя SaM146 нового российского самолета Superjet-100 составляет 6 694 в минуту).

В настоящее время лопатки изготавливают из сплавов на основе Ni, Co и Fe, прочностные показатели которых стало возможным повысить в результате увеличения содержания Al и Ti при дополнительном легировании Mo, W, Nb, Ta, Hf и др., а также микролегирования B, Zr, Y, La, Ce [3].

В результате модифицирования целого ряда жаропрочных никелевых сплавов дисперсными частицами тугоплавких соединений (NbN, TiCN) измельчалась структура лопаток, повышалась длительная прочность и ресурс их работы [4]. Большой объем работ по применению нанопорошков тугоплавких соединений для модифицирования жаропрочных сплавов, включая их применение для литья лопаток, выполнен в работе [5]. Установлено положительное влияние модифицирования нанопорошками на качество высоконагруженных деталей транспортных средств [6; 7].

В связи с полученными во многих работах положительными результатами применения нанопорошков при производстве металлоизделий, в рамках «Федеральной космической программы России на 2006–2015 гг.» предусмотрена разработка технологического процесса получения высокопрочных нагруженных литых деталей ЖРД из высоколегированных жаропрочных сплавов с применением нанопорошков.

Повышение жаропрочности турбинных лопаток достигается также благодаря разработанной ВИАМом [8] технологии их получения методом направленной кристаллизации в виде монокристаллических изделий, что приводит к росту предела их выносливости σ^{-1} до 875 МПа (вместо 650 для обычной технологии), ресурса – 34…36 тыс. ч (вместо 24…27 тыс. ч).

Кроме того, такие лопатки обладают существенной анизотропией характеристик упругости, кратковременной и длительной прочности, пластичности, ползучести, многоцикловой и малоцикловой усталости и трещиностойкости [9], что связано с особенностями формирующейся при получении лопаток структуры – отсутствием большеугловых границ зерен, уменьшением дендритной ликвации и расстояний между осями дендритов, подавлением образования легкоплавких неравновесных фаз эвтектического происхождения, исключением образования ростовых дефектов в виде цепочек равноосных зерен, нарушающих монокристаллическую структуру [8].

В последнее время в качестве легирующих компонентов жаропрочных сплавов применяют Re (9…10 %), что приводит к существенному увеличению уровня рабочих температур и ресурса монокристаллических лопаток [8].

Другие сложности встречаются при литье из жаропрочных сплавов цельнолитого ротора, который представляют собой представляющей собой высокоточную деталь сложной геометрии, сочетающую массивный (обод) и тончайшие элементы сложной геометрии (лопатки). В связи с тем, что эти детали работают в условиях высоких силовых и тепловых нагрузок, к их качеству предъявляются повышенные требования (практически полное отсутствие любых литейных дефектов), которые могут быть выполнены при их изготовлении единственно возможным для этого случая способом – литьем по выплавляемым моделям. На основании результатов применения метода экспертных оценок [10] была изменена литниково-питающая система (см. рисунок) [11], что обеспечило почти 100-процентную годность отливок как по рентгеновскому просвечиванию, так и по результатам других методов (еще 5 видов) контроля. Кроме того, в результате уменьшения размеров ЛПС, расход дорогостоящих сплавов уменьшился на 20…25 %.

Следует отметить, что в связи с большой номенклатурой сталей и сплавов, применяемых при производстве

ЖРД, необходимо на всех технологических этапах их изготовления применять различные методы контроля, включая неразрушающие [12].

Отливка ротора с литниково-питающей системой

Таким образом, изложенный в работе материал показывает, что при производстве двигателей летательных аппаратов широко применяются жаропрочные сплавы, обладающие комплексом физико-механических характеристик, удовлетворяющих сложным условиям эксплуатации. При этом, в зависимости от состава сплавов при изготовлении конкретных деталей необходимо применять различные технологии, а также неразрушающие методы контроля, позволяющие оценить качество изделий.

Библиографический список

1. Лякишев, Н. П. Новые материалы: в поисках точного адреса / Н. П. Лякишев. Вестник РАН. 1997. № 5. Т. 67. С. 403–414.

2. Новости космонавтики [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.novosti-kosmonavtiki.ru. Загл. с экрана.

3. Каблов, Е. Н. Авиационное материаловедение: итоги и перспективы / Е. Н. Каблов. Вестник РАН. 2002. № 1. Т. 72. С. 3–12.

4. Фаткуллин, О. Х. Модифицирование жаропрочных никелевых сплавов дисперсными частицами тугоплавких соединений / О. Х. Фаткуллин, А. А. Офицеров // Литейное производство. 1993. № 4. С. 13–14.

5. Сабуров, В. П. Разработка и внедрение технологии суспензионного модифицирования стали и никелевых сплавов : автореф. ... дис. д-ра техн. наук / В. П. Сабуров. Свердловск : УПИ, 1991.

6. Крушенко, Г. Г. Нанопорошки химических соединений - средство повышения качества металлоизделий и конструкционной прочности / Г. Г. Крушенко // Заводская лаборатория. 1999. № 11. Т. 65. С. 42–50.

7. Крушенко, Г. Г. Применение нанопорошков при изготовлении высоконагруженных деталей транспортных средств / Г. Г. Крушенко, В. Е. Редькин, И. В. Карпов, В. М. Гончаров // Технология машиностроения. 2003. № 2. С. 37–40.

8. Каблов, Е. Н. Физико-химические и технологические особенности создания жаропрочных сплавов, содержащих рений / Е. Н. Каблов // Вестник МГУ. Сер. 2. Химия. 2005. № 3. Т. 46. С. 155–167.

9. Ножницкий, Ю. А. Обеспечение прочностной надежности монокристаллических рабочих лопаток высокотемпературных турбин перспективных ГТД / Ю. А. Ножницкий, Е. Р. Голубовский // Тр. междунар. науч.-техн. конф. М. : ВИАМ, 2006. С. 65–70.

10. Элти, Дж. Экспертные системы: концепции и примеры / Дж. Элти, М. Кумбс. М. : Финансы и статистика, 1987.

11. Крушенко, Г. Г. Литниково-питающая система для отливки типа «Диск» из жаропрочного сплава / Г. Г. Крушенко, Ю. М. Мусохранов, В. П. Сальников // Литейное производство. 1982. № 5. С. 16–17.

12. Кашубский, А. Н. Определение марок сталей и сплавов, используемых при производстве ЖРД, неразрушающими методами / А. Н. Кашубский, Г. Г. Крушенко / / Новые материалы и технологии в авиационной и ракетно-космической технике : тез. докл. III конкурс. конф. молодых специалистов авиац., ракетно-космич. и металлургич. организаций России. Королев : ИПК «Машприбор», 2004. С. 102–104.

G. G. Krushenko, S. N. Reshetnikova

THE HEAT-RESISTANT ALLOYS AND SOME TECHNOLOGY IN AEROSPACE INDUSTRY

The heat-resistant alloys and some machinery technologies for aerospace industry are described.

Keywords: alloys, technologies, aerospace industry.

УДК 658.512, 004.942

П. Е. Чимитов

ПОСТРОЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СБОРКИ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ ОБРАЗА ИЗДЕЛИЯ

Исследование относится к области автоматизации технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. Предложен алгоритм формирования последовательности сборки на основе использования образа детали.

Ключевые слова: образ изделия, последовательность сборки, технологическая подготовка производства.

Повышение общей эффективности сборочного производства неразрывно связано с применением прогрессивных технологий, в том числе в технологической подготовке производства. Одним из основных этапов технологической подготовки сборочного производства является проектирование последовательности сборки. Последовательность сборки, как и последовательность выполнения сборочных операций во многом зависит от конструкции, габаритов и жесткости собираемых деталей. Выбор оптимальной последовательности производится на основе анализа собираемости, размерного анализа и т. д. Однако эти процедуры предполагают наличие некоторой начальной последовательности сборки, процесс проектирования которой слабо формализован и практически полностью основан на опыте технолога. Предлагаемая методика направлена в первую очередь на решение задачи формирования начальной последовательности сборки. Структурно алгоритм можно представить в виде совокупности модулей (рис. 1).

Собираемый узел можно представить в виде образа, содержащего упорядоченное множество деталей (компонентов сборки). В свою очередь, деталь можно также рассматривать как образ, состоящий из упорядоченного, взаимосвязанного множества параметров, характеризующих ее. Под образом детали принимается параметрическая модель изделия, являющаяся отображением геометрической модели и дополненная параметрами, необходимыми для технологического проектирования сборки [1].

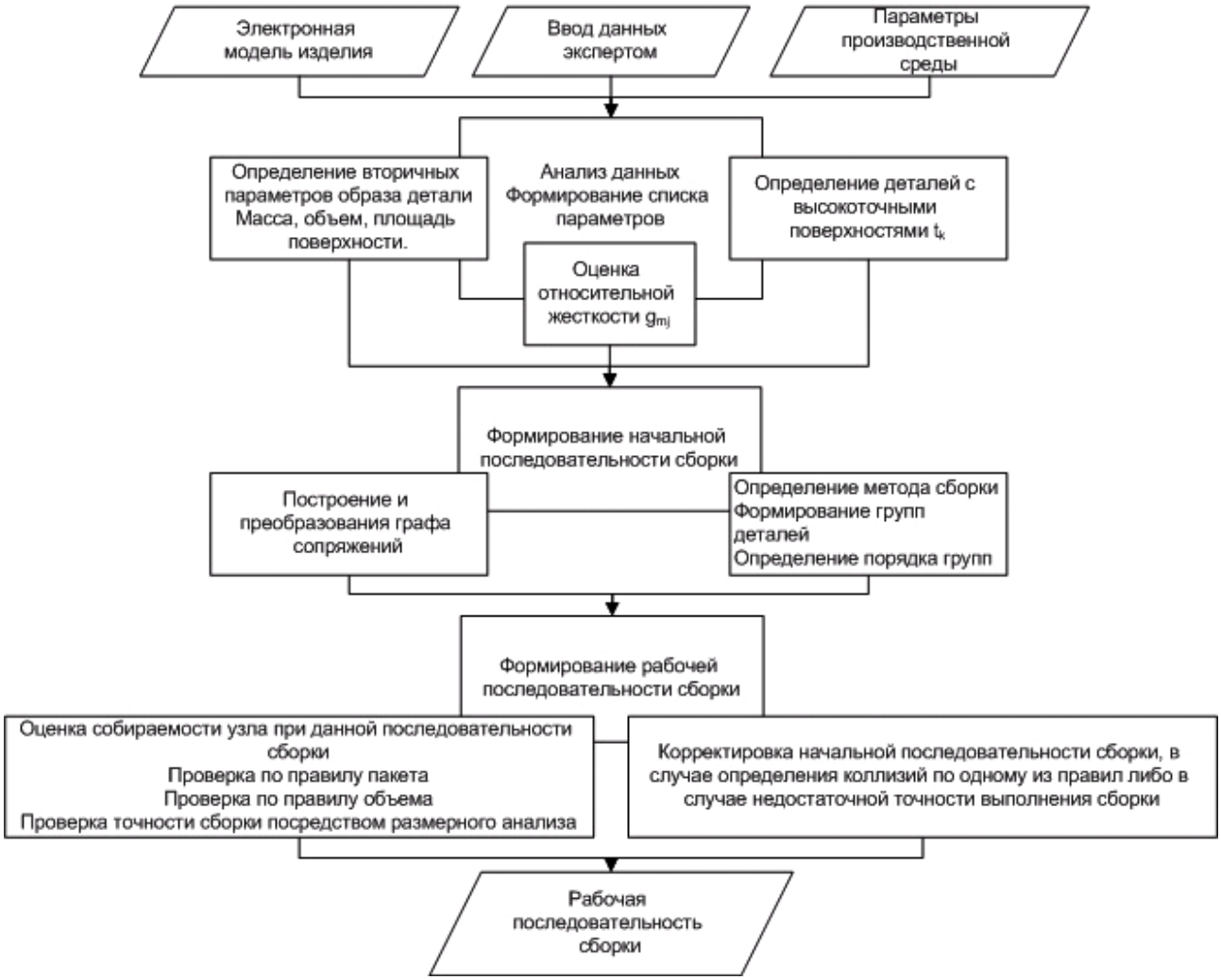


Рис. 1. Структура модулей алгоритма формирования последовательности сборки

Деталь в последовательности сборки может занимать определенное, оптимальное положение по ряду критериев. Наиболее важными критериями образа детали при формировании последовательности сборки являются следующие: обеспечение заданной точности сборочной единицы, обеспечение максимальной относительной жесткости конструкции в процессе сборки изделия, обеспечение доступности элементов изделия при выполнении процессов сборки.

Собираемая конструкция изделия J представляется в виде множества N отдельных деталей $d_i \in N$. Связь между деталями d_i соответствует их соединению друг с другом и отражает реальные сопряжения в конструкции изделия. Вершинами графа являются детали $d_i \in N$, а ребрами $\sigma(d_i, d_{i+1}) \in \sum$ – связи между ними. Если детали соединяются друг с другом в нескольких местах, в таком случае граф G имеет кратные дуги. Так как конструкция планера самолета представляет собой единое целое, то граф сопряжений всегда связен. Граф $G(N, \sum)$ – граф сопряжений, отражающий информацию о реальных конструктивных связях между деталями [2].

В традиционном, ручном проектировании, роль графа сопряжений выполняет компоновочная схема узла, которая, в свою очередь, строится на основе анализа технологом чертежей и технической документации. Однако применение систем геометрического моделирования позволяет в значительной степени формализовать процесс формирования графа сопряжений. В зависимости от требований, предъявляемых к выполнению электронной модели сборочного узла, возможны два варианта автоматизированного построения графа сопряжений $G(N, \sum)$.

Сборочный узел, построенный в среде CAD/CAM/CAE системы UGS NX4, обладает рядом особенностей. Так, файл сборки не дублирует геометрию своих компонентов (электронных моделей деталей), а содержит только ссылки на файлы компонентов. Каждая ссылка на часть сборки есть компонент, а файл, содержащий геометрическую модель части, есть файл компонента (рис. 2).

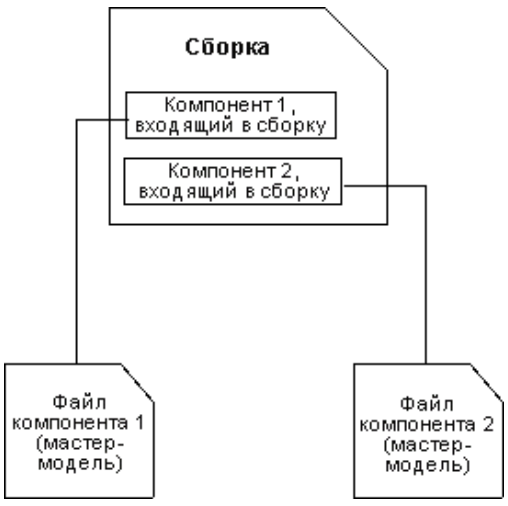


Рис. 2. Структура сборочного узла в системе UGS NX4

Под компонентом понимается часть, входящая в сборку с заданным расположением и ориентацией. Компонентом также может быть подсборка, состоящая из других компонентов более низкого уровня. Каждый компонент сборки представлен ссылкой на свою геометрическую модель. При добавлении компонента в файл сборки, его пространственное положение и ориентация относительно других деталей определятся посредством задания условий сопряжений компонентам. Под условиями сопряжения понимается набор ограничений, действующих на один компонент. Каждый компонент сборки может иметь только одно условие стыковки, хотя это условие стыковки может включать в себя отношения со многими компонентами. Таки образом, на основе анализа «дерева сборки» и множества условий стыковки $\sum_m$ можно построить граф сопряжения узла, при этом множество $\sum_m = \sum$ [3].

Однако в некоторых случаях, при построении сборки возможны ситуации, при которых невозможно наложить условия сопряжения на компоненты сборки. Это вызвано, в первую очередь, достаточно высокой сложностью сопрягаемых поверхностей, присутствующих в реальной конструкции планера самолета, а также требованием обеспечения точного пространственного положения детали относительно абсолютной системы координат самолета.

В таком случае для формирования графа сопряжения, используется другая процедура, основанная на особенности системы UGS NX, использующей при моделировании ядро Parasolid. Данная специфика построения моделей, позволяет отслеживать пересечения и касания твердых тел и компонентов сборки. Таким образом, при условии соблюдения корректности модели, выделяются поверхности контакта деталей, на основе которых также формируется граф сопряжений.

Предположим деталь A и деталь B сопрягаются по граням p_a и p_b соответственно. Каждая из граней представляется в виде множества точек, определяющих поверхность данной грани: p_a представляется в виде множества A:

$$A = \{x_{ai} \in p_a\}.$$

Аналогично задается множество для ответной грани p_b:

$$B = \{x_{bi} \in p_b\}.$$

Таким образом, плоскость поверхности контакта деталей, определяется множеством C:

$$C = A \cap B = \{x_{ci} \in A \,\&\, x_{ci} \in B\}.$$

В математической модели сборочного узла все поверхности C_i, образуемые при контакте двух компонентов сборки, можно разделить на два класса по характеру контакта деталей реальной конструкции:

– C_{ci} – поверхность касания двух компонентов сборки;

– C_{gi} – поверхность сопряжения двух компонентов сборки.

В самолетостроении соединения конструктивных элементов традиционно разделяют на три типа [4]:

– неподвижные неразъемные соединения. Соединения, обеспечивающие неизменное положение собираемых деталей и узлов относительно друг друга;

– неподвижные разъемные соединения. Соединения, обеспечивающие неизменное взаимное положение деталей, допуская разборку узла, отсека, отсека или агрегата без повреждения соединяемых и крепежных деталей;

– подвижные разъемные соединения. Соединения, допускающие перемещение соединяемых деталей относительно друг друга.

К поверхностям сопряжения C_{gi} относятся поверхности контакта C_i двух деталей, участвующие в образовании неподвижных неразъемных, а также неподвижных разъемных соединений (рис. 3).

К поверхностям касания C_{ci} относятся поверхности контакта C_i двух деталей, участвующие в образовании подвижных разъемных соединений, а также поверхности, образуемые контактами типа «поверхность–ребро», «ребро–ребро» (рис. 3).

При построении электронной модели сборочного узла, одной из завершающих операций является расстановка крепежа (символические обозначения, в местах установки крепежных элементов). Таким образом, в файл сборки добавляется некоторое множество крепежных элементов:

$$K_i = \{k_i \in p_a \& k_i \in p_b\}.$$

В большинстве случаев условное обозначение крепежного элемента ассоциативно связано с одной из поверхностей деталей (p_a либо p_b), а не с поверхностью контакта C_i. Однако одна из составляющих символа (прямая j_i) пересекает поверхность контакта C_i. Таким образом, задача сводится к определению существования реального пересечения прямой j_i с поверхностью C_i. Показателем существования реального пересечения прямой j_i с поверхностью контакта C_i служит существование точки пересечения w_i (рис. 3).

$$\exists w_i \rightarrow C_i = C_{gi}.$$

Граф сопряжений $G(N, \Sigma)$ формируется на основе информации о компонентах сборки (вершины графа), а также поверхностей сопряжения C_{gi} (дуги графа).

Граф сопряжений $G(N, \Sigma)$ в полной мере отражает информацию о реальных сопряжениях деталей в сборочном узле, однако для проектирования последовательности сборки данной информации недостаточно. Одним из способов наполнения графа необходимой информацией при формировании графа $G(N, \Sigma)$ предлагается использование образов деталей. В таком случае граф $G(N, \Sigma)$ преобразуется в граф сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$, использующий в качестве вершин образы деталей, следовательно, информационная наполненность графа определяется множеством данных, содержащихся в образе изделия I_i. Поскольку образ изделия наследует все характеристики изделия, относящиеся к сборке, то граф сопряжений образов строится по тем же принципам и критериям, что и граф сопряжений изделия. Таким образом, полученная информационная наполненность графа сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ позволяет построить адекватные алгоритмы его преобразования в граф сборки $S(\Sigma)$.

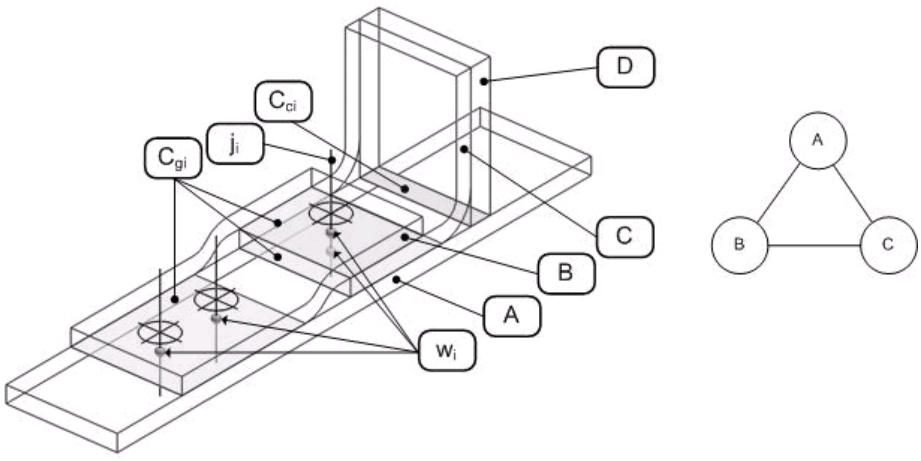
В самолетостроении применяются методы сборки, которые можно объединить в два класса: сборка без использования сборочного приспособления и сборка в сборочном приспособлении. Класс метода сборки в значительной степени влияет на построение схемы сборки и последовательности сборки.

Так, при сборке изделия в сборочном приспособлении граф сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ преобразуются в граф сборки S' (Σ) (рис. 4), характерной особенностью которого является присутствие нескольких начальных вершин, причем они могут не иметь общих дуг друг с другом. При сборке изделия без использования сборочного приспособления, граф сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ преобразуется в ориентированный граф вида S'' (Σ), имеющий одну начальную вершину (рис. 4).

Выбор класса метода сборки выполняется на основе анализа графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$. Основными критериями при выборе класса метода сборки являются параметры g_{mj} (показатель относительной жесткости) и t_k (параметр, характеризующий наличие у детали поверхностей с повышенными требованиями точности), заложенные в образ детали I_i.

Анализируя структуру графа сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ можно выделить условия, при которых производится отнесение сборки к одному из классов методов сборки. Независимо от выбранного метода сборки основной целью сборочного процесса является обеспечение точности выполнения замыкающего звена размерной цепи. Другими словами, необходимо обеспечить точность взаимного расположения деталей, имеющих поверхности с повышенными требованиями точности. К таким поверхностям относятся поверхности теоретического обвода и внешние поверхности сопряжения с другими узлами планера самолета (конструкторские базы).

Данные поверхности определяются параметром t_k образа детали. Параметр t_k принадлежит к логическому типу данных и может принимать значения 0 или 1. При



а *б*

Рис. 3. Собираемый пакет: *а* – сборочный узел; *б* – граф сопряжений сборочного узла

значении параметра $t_k = 1$ образ соответствует детали, имеющей в своем составе поверхности с повышенными требованиями точности; при значении параметра $t_k = 0$ образ соответствует детали, не имеющей в своем составе поверхностей с повышенными требованиями точности.

При анализе графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$, выделяются вершины графа, соответствующие образу с показателем $t_k = 1$. Далее оценивается путь между этими вершинами, анализируются дуги и вершины графа на данном маршруте. В зависимости от количества и от пути соединения вершин графа с показателем $t_k = 1$, а также от значения показателя g_{mj} вершин графа определяется класс метода сборки.

Возможны три варианта графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$ относительно параметров t_k и g_{mj}:

1) для всех вершин модифицированного графа сопряжения образа $G_{об}'(N, \Sigma)$ параметр $t_k = 0$;

2) модифицированный граф сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$ имеет одну вершину, соответствующую образу с параметром $t_k = 1$ (например: панель, содержащая только продольный силовой набор – стрингерная модель);

3) количество вершин графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$, соответствующих образу с параметром $t_k = 1$, более одного:

а) путь, соединяющий вершины графа с параметром $t_k = 1$, состоит только из вершин с показателем относительной жесткости 1 ($g_{mj} > k$);

б) путь, соединяющий вершины графа с параметром $t_k = 1$, состоит как из вершин с показателем относительной жесткости 1 ($g_{mj} > k$), так и из вершин с показателем относительной жесткости 0 ($g_{mj} < k$).

В случае, если сборочный узел определяется 1-м, 2-м, либо 3-м «а» вариантами модифицированного графа сопряжений образа, сборку предпочтительно выполнять по одному из методов, относящихся к первому классу методов (сборка без использования сборочного приспособления). Сборка в сборочном приспособлении соответствует 3-му «б» варианту модифицированного графа сопряжений образа.

После выбора класса метода сборки проектируется последовательность сборки. В зависимости от выбранного класса сборки последовательность имеет свои особенности.

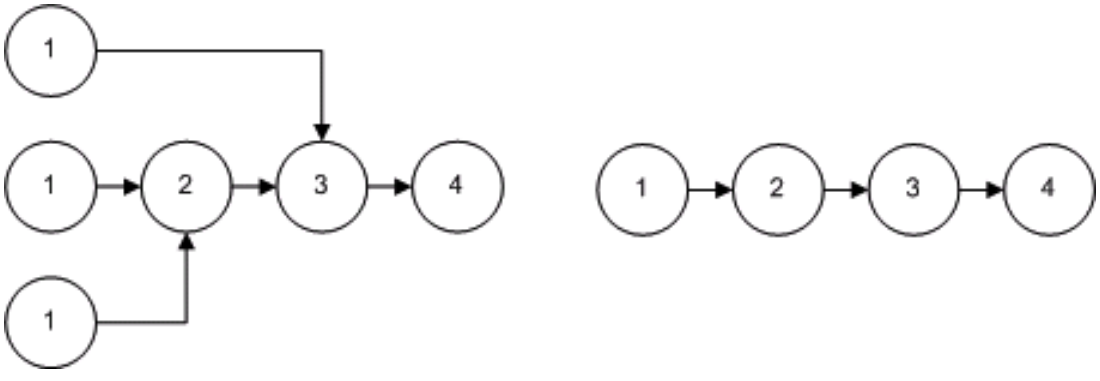
Для первого варианта графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$, первая (базовая) деталь определяется на основе показателя относительной жесткости, количестве сопряжений с другими деталями, а также на основе вторичных параметров, содержащихся в образе I_i детали. К числу вторичных параметров образа изделия относятся такие параметры, как масса, объем, площадь сопрягаемых поверхностей. Дальнейшее формирование последовательности подчиняется следующему правилу: в первую очередь устанавливаются детали, непосредственно связанные с базовой деталью (путь не содержит промежуточных вершин); затем детали, путь которых до базовой включает одну вершину и т. д.

Для второго варианта графа сопряжения образа $G_{об}(N, \Sigma)$ за начальную вершину графа принимается вершина, соответствующая образу с параметром $t_k = 1$. Далее устанавливаются детали, имеющие непосредственную связь (дугу) с базовой вершиной, причем выбор последовательности между деталями группы определяется вторичными признаками образа. Далее устанавливаются детали, имеющие на пути к базовой вершине одну промежуточную вершину и т. д.

Третий вариант графа сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$, в отличие от первых двух вариантов, имеет несколько начальных вершин, соответствующих образам деталей с параметром $t_k = 1$. В последовательности сборки данные образы деталей формируют первую группу устанавливаемых деталей. Порядок установки деталей внутри группы определяется исходя из значения параметра относительной жесткости $g_{mj} > k$ либо $g_{mj} < k$. Таким образом, внутри группы вершин, определяемых параметром $t_k = 1$, происходит дополнительное разбиение на подгруппы по показателю относительной жесткости g_{mj}. При этом подгруппа деталей с показателем $g_{mj} > k$ имеет приоритет при формировании последовательности по сравнению с деталями, принадлежащих подгруппе с показателем $g_{mj} < k$. Порядок установки деталей внутри подгруппы определяется вторичными признаками образа детали.

Далее в графе сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ находятся кратчайшие пути между вершинами, соответствующих деталям первой группы. Данные детали формируют вторую группу устанавливаемых деталей. Порядок установки деталей внутри группы определяется аналогичным, что и для второго варианта графа сопряжений образа $G_{об}(N, \Sigma)$ методом.

Оставшиеся вершины графа формируют третью группу устанавливаемых деталей. К этой группе относятся



а *б*

Рис. 4. Граф сборки: *а* – S' (Σ); *б* – S'' (Σ)

вершины, имеющие показатель $t_k = 0$, а также вершины, не входящие в кратчайший маршрут.

Таким образом, последовательность сборки определяется порядком установки групп деталей. Первоначально устанавливаются детали, относящиеся к первой группе, затем ко второй группе и в последнюю очередь детали третьей группы. Следует отметить, что такой порядок групп применим в случае, если кратчайший путь состоит из вершин как с показателем относительной жесткости 1 ($g_{mj} > k$), так и с показателем относительной жесткости 0 ($g_{mj} < k$). И как следствие, сборку при такой последовательности групп возможно проводить исключительно в сборочном приспособлении.

Однако возможен вариант, при котором кратчайший путь состоит исключительно из вершин с показателем относительной жесткости 1; в этом случае делается предположение, что данный узел можно собрать одним из методов без использования специального сборочного приспособления. В таком случае порядок групп, а также порядок деталей внутри групп претерпевает следующие изменения. Первоначально в сборку устанавливаются детали второй группы, затем детали первой группы и в заключение детали третьей группы. Порядок внутри второй группы определяется исходя из вторичных параметров образа (так как в этом варианте все вершины кратчайшего пути имеют показатель относительной жесткости 1 ($g_{mj} > k$)).

Следует также отметить, что детали третьей группы, совместно с деталями первой или второй групп, могут образовывать элементарные подсборки. В таком случае все вершины и дуги подграфа заменяются одной вершиной и в дальнейшем рассматриваются как единый компонент. Две детали являются элементарной подсборкой в том случае, если вершина графа $G_{об}(N, \Sigma)$, соответствующая одной из деталей третьей группы, имеет только одну дугу сопряжения с деталью второй или первой группы. Полученная элементарная подсборка относится к той группе деталей, которой соответствовала деталь более высокой группы.

Предлагаемый метод формирования последовательности сборки, позволяет сформировать начальную, базовую последовательность, которую, в свою очередь, можно в дальнейшем использовать для определения сборочных баз, а также для формирования рабочей последовательности сборки (после анализа на отсутствие коллизий взаимного пересечения деталей при установке, а также после оценки точности, посредством выполнения размерного анализа). Предлагаемый алгоритм в значительной степени используется и формируется на основе формализованных данных математической модели изделия и производственной среды.

Библиографический список

1. Чимитов, П. Е. Формирование образа изделия для задач проектирования технологического процесса сборки планера самолета сборки / П. Е. Чимитов // Решетневские чтения : материалы XII Междунар. науч. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008. С. 183–184.

2. Бабушкин, А. И. Методы сборки самолетных конструкций / А. И. Бабушкин. М. : Машиностроение, 1985.

3. Ахатов, Р. Х. Выбор последовательности сборки в условиях автоматизированного проектирования технологического процесса / Р. Х. Ахатов, П. Е. Чимитов // Науч. вестн. Норил. индустриал. ин-та. Норильск, 2008. № 2. С. 19–22.

4. Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов [и др.]. М. : Аграф-пресс, 2006.

P. E. Chimitov

THE AIRFRAME'S ASSEMBLY SEQUENCE PLANNING USED AN ITEM IMAGES

The research refers to automated design of aircraft assembly sequence planning. The formalized method of airframe assembly planning used an item images is offered.

Keywords: item images, assembly sequence, process design.

УДК 620.179.16

В. В. Степанов, Г. Г. Крушенко

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Рассмотрено, как можно достаточно эффективно адаптировать нормативно-техническую документацию для каждого конкретного трубопровода высокого давления ТЭЦ, опираясь на статистику отказов.

Ключевые слова: модель, трубопровод высокого давления, оптимизация, обслуживание

Стальные трубопроводы высокого давления на тепловых электростанциях эксплуатируются в условиях высоких нагрузок, в связи с чем элементы таких трубопроводов подвергаются риску возникновения различных повреждений. Поэтому своевременной диагностике этих повреждений уделяется большое внимание.

Повреждающие факторы, механизмы развития повреждений, типы дефектов и методы их выявления известны и классифицированы. В основном своим происхождением они обязаны усталостным трещинам и дефектам сварки. Для их своевременного выявления определены периодичность и объемы контроля [1]. Но анализ статистики повреждений трубопроводов [2] показывает, что даже при 100-процентном выполнении всех требований нормативно-технических документов (НТД) фиксируются случаи остановов трубопроводов.

Причина заключается в том, что требования НТД рассчитаны на условно-идеальный трубопровод. То есть считается, что при монтаже и эксплуатации выполнены все требования проектной документации. Практика показывает, что учесть все отклонения от требований при монтаже и эксплуатации трубопровода невозможно. Это суммарное отклонение, как правило, проявляется в виде преждевременного развития дефектов. То есть, промежуток времени между проведением контроля состояния оказывается больше времени необходимого для развития дефекта до уровня, препятствующего надежной эксплуатации.

Предотвратить влияние этого «суммарного отклонения» можно двумя способами. Первый – поиск и устранение всех факторов, ускоряющих появление и развитие дефектов. Второй – уменьшение межконтрольного промежутка для своевременности выявления возникающих при эксплуатации дефектов.

Первый путь, хотя и позволяет решить проблему в корне, но во-первых, требует больших затрат на обследование, расчеты, привлечение специализированных организаций, во-вторых, не гарантирует результат в связи с тем, что факторов, влияющих на величину «суммарного отклонения» может оказаться гораздо больше, чем предполагалось вначале.

Второй путь также требует увеличения затрат, так как уменьшение межконтрольных промежутков ведет к увеличению простоя трубопровода. Нахождение оптимального значения таких промежутков есть решение задачи обеспечения надежности при минимизации затрат. Решить задачу оптимизации можно путем разработки математической модели состояний трубопровода и исследования зависимостей, которые она описывает.

Накопление отклонений от требований конструкторской и нормативно-технической документации в процессе эксплуатации трубопровода перерастает в возникновение отказа. Из-за большого количества факторов, влияющих на появление отказа, его значение приобретает характер случайной величины. Поэтому для создания математической модели состояния трубопровода можно применить вероятностные методы.

При заданном уровне надежности (вероятности P_1) и известной интенсивности отказов λ оптимизирующими параметрами системы технического обслуживания трубопроводов являются периодичность и продолжительность технического обслуживания, $t_{\text{ТО}}$ и $\tau_{\text{ТО}}$.

Выполнив все необходимые преобразования, получим систему уравнений вида

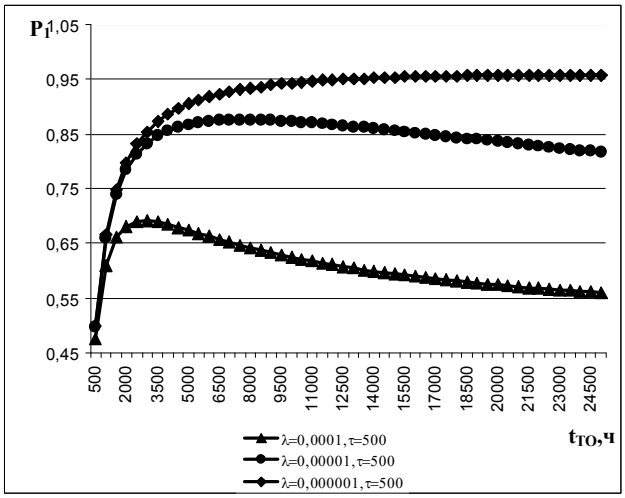
$$\begin{aligned} P_1 &= \left(2+\lambda\tau_{\text{ТО}}+\frac{\tau_{\text{ТО}}}{t_{\text{ТО}}}-\frac{1}{1+\lambda t_{\text{ТО}}}\right)^{-1}, \\ P_2 &= \tau_{\text{ТО}}\left(\lambda+\frac{1}{t_{\text{ТО}}}\right)\times \\ &\times\left(2+\lambda\tau_{\text{ТО}}+\frac{\tau_{\text{ТО}}}{t_{\text{ТО}}}-\frac{1}{1+\lambda t_{\text{ТО}}}\right)^{-1}, \\ P_3 &= \frac{\lambda t_{\text{ТО}}}{1+\lambda t_{\text{ТО}}}\left(2+\lambda\tau_{\text{ТО}}+\frac{\tau_{\text{ТО}}}{t_{\text{ТО}}}-\frac{1}{1+\lambda t_{\text{ТО}}}\right)^{-1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Используя полученные зависимости, можно построить аналитическую зависимость P_1 от оптимизирующих параметров $t_{\text{ТО}}$, $\tau_{\text{ТО}}$.

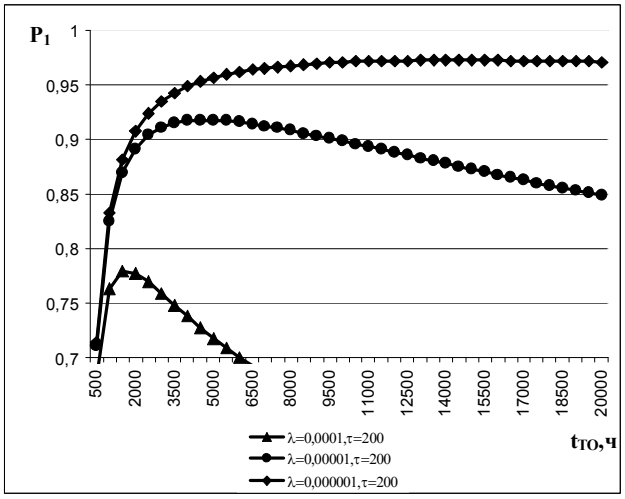
Результаты расчетов по формуле (1) представлены в виде графиков зависимости вероятности готовности объекта P_1 к работе от периодичности обслуживания (рис. 1 *а*, *б*), где видно наличие экстремума на графиках для любых $\tau_{\text{ТО}}$ и λ. Это означает, что исходя из математической модели состояний трубопровода и с учетом собранной статистики отказов, существует наиболее оптимальное соотношение периодичности и продолжительности обслуживания трубопровода, позволяющее добиться максимально возможного значения вероятности готовности к работе трубопровода. Или, другими словами, его работоспособности.

При увеличении периода $t_{\text{ТО}}$, с одной стороны, увеличивается вероятность скрытого отказа до проведения технического обслуживания, однако, с другой стороны, уменьшается доля времени на техническое обслуживание в общем ресурсе и, тем самым, увеличивается вероятность состояния готовности трубопровода к использованию. Изменением степени влияния этих двух факторов

и обусловлено наличие экстремума на графиках зависимостей.



а



б

Рис. 1. Зависимость вероятности готовности к работе трубопровода от периодичности техобслуживания при заданных интенсивности отказов λ и продолжительности техобслуживания τ

При решении прямой задачи оптимизации (обеспечения требуемого значения вероятности P_1 при минимальных потерях и затратах на техническое обслуживание) может быть необходимо, например, по известным или заданным значениям P_1 и λ, а также одному из параметров системы технического обслуживания $\tau_{ТО}$ или $t_{ТО}$, определить второй параметр или подобрать значения $\tau_{ТО}$ или $t_{ТО}$, обеспечивающие наименьшие затраты. При решении обратной задачи оптимизации (обеспечение максимального уровня надежности), как правило, необходимо подобрать такие параметры $\tau_{ТО}$ или $t_{ТО}$ (или один из них), которые при известном значении λ обеспечивают максимальное значение P_1 при условии соблюдения некоторых (обычно экономических) ограничений. Варианты постановки задачи оптимизации достаточно многообразны, однако ее численное решение на основании построенной математической модели обычно не вызывает затруднений.

Анализ математической модели трубопровода позволяет:

– принимать решения, отвечающие наилучшим образом технической политике, проводимой на предприятии, в результате рассмотрения различных зависимостей основных параметров надежности трубопровода;

– решать вопрос обоснованности выделенных средств на техническое обслуживание трубопровода при заданной его готовности к работе; действительно, КПД работающего трубопровода не может превышать величины, определяемой соотношением

$$k = \frac{T_{\text{наработки}}}{T_{\text{календарное}}} = P_1(t),$$

$$T_{\text{наработки}} = P_1(t) T_{\text{календарное}}; \qquad (2)$$

– классифицировать трубопроводы на предприятии по трем видам состояния, с дальнейшей классификацией по следующим элементам:

а) состоянию готовности к работе с вероятностью $P_1(t)$;

б) состоянию проведения технического обслуживания (диагностика, ремонт);

в) состоянию скрытого отказа (отказа, обнаруженного персоналом или средствами контроля спустя определенное время после его возникновения).

Проиллюстрировать применение этого метода можно на примере трубопровода горячего промперегрева (ГПП) энергоблока № 2 Красноярской ГРЭС-2. Трубопровод ГПП, предназначенный для транспортировки пара от котлоагрегатов к турбоагрегату, изготовляется из стальных труб (марка 12ХМФ) типоразмера 426 × 18 мм, 377 × 17 мм, 273 ×11 мм и представляет собой сложную объемно-пространственную конструкцию. Эксплуатируется с 1962 г. За это время трубопровод наработал 254 283 ч при 472 пусках, на параметрах эксплуатации T = 545 °С и P = 2,75 МПа. Трубопровод насчитывает 491 конструктивный элемент, сварных соединений 248 шт., из них угловых сварных – 92 шт.

Согласно накопленной статистике самый повреждаемый элемент трубопровода – угловые сварные соединения. В периоды ремонтных кампаний во время выполнения мероприятий по контролю металла было выявлено 15 дефектов типа «усталостная трещина» и «дефект сварки».

В октябре 2005 г. произошел неплановый останов энергоблока № 2 по причине образования сквозной трещины в околошовной зоне сварного соединения № А-42. Наработка с момента последнего контроля составила 23 855 ч. В соответствии с требованиями [1] межконтрольный промежуток составляет 50 000 ч. Таким образом, требования НТД были выполнены в полном объеме, но это не смогло предотвратить неплановый останов энергоблока. Значит, на возникновение и развитие трещины повлияли факторы, ускоряющие этот процесс. И хотя механизм возникновения и развития дефектов такого типа известен, выявление факторов, ускоривших процесс может потребовать больших затрат.

На основании собранных данных дефектоскопии можно рассчитать интенсивность отказов λ. Зная продолжительность контроля этих сварных соединений можно проанализировать вероятность готовности к работе трубопровода с помощью зависимостей, представленных в формуле (1).

Интенсивность отказов рассчитана по формуле

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{\text{ср}}\Delta t}, \qquad (3)$$

где $n(t)$ – число отказов за промежуток времени; $N_{\text{ср}}$ – среднее число исправно работающих элементов за тот же промежуток времени:

$$n(t) = 15 \text{ при } \Delta t = 254\,283 \text{ ч},$$

$$N_{\text{ср}} = 77,$$

тогда

$$\lambda(t) = 0{,}000\,000\,766\,1.$$

Аналитическая зависимость вероятности готовности к работе P_1 от периодичности диагностирования $t_{\text{ТО}}$ при заданных условиях показана на рис. 2.

Значения вероятности P_1 для различных значений периодичности технического обслуживания представлены в таблице.

Максимальное значение вероятности $P_1 = 0{,}982\,796$, полученное в результате расчетов, соответствует периодичности технического обслуживания $t_{\text{ТО}} = 11\,500$ ч. С учетом погрешности 3...5 % доверительный интервал составляет от 10 925 до 12 075 ч. То есть, проводя техническое обслуживание с рассчитанной периодичностью, можно получить максимальное значение вероятности готовности к работе трубопровода горячего промперегрева энергоблока № 2.

Практика контроля аналогичных трубопроводов на энергоблоках №№ 1, 4 показывает, что при периодичности контроля один раз в 10 000...15 000 ч выявляются все дефекты подобного характера, что обеспечивает надежную работу трубопроводов в межконтрольный период.

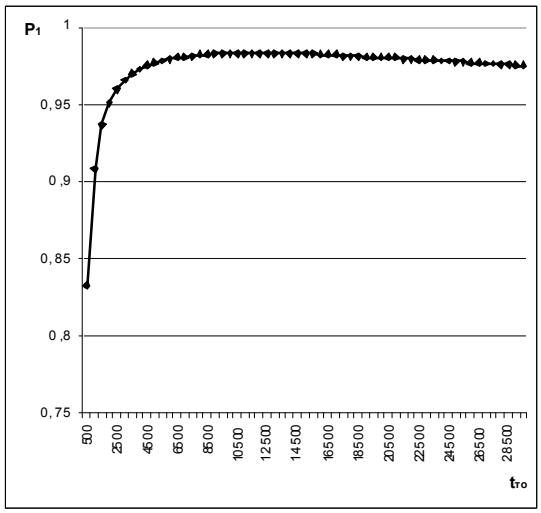


Рис. 2. Зависимость P_1 от периодичности технического обслуживания (диагностирования) при l = 0,000 000 766 1 $ч^{-1}$

Применение этого метода для расчета периодичности контроля относительно других типов повреждений, с учетом статистики отказов по каждому типу дефектов, позволит достаточно эффективно адаптировать существующую нормативно-техническую документацию для каждого конкретного трубопровода.

Вероятность возникновения отказа трубопровода ГПП энергоблока № 2 Красноярской ГРЭС-2

$t_{\text{то}}$(ч)	$\tau_{\text{то}}$(ч)	λ ($ч^{-1}$)	P_1
1 000	100	0,000 000 766 1	0,908 395
2 000	100	0,000 000 766 1	0,950 926
3 000	100	0,000 000 766 1	0,965 528
4 000	100	0,000 000 766 1	0,972 638
5 000	100	0,000 000 766 1	0,976 665
6 000	100	0,000 000 766 1	0,979 126
7 000	100	0,000 000 766 1	0,980 684
8 000	100	0,000 000 766 1	0,981 674
9 000	100	0,000 000 766 1	0,982 284
10 000	100	0,000 000 766 1	0,982 628
11 000	100	0,000 000 766 1	0,982 778
12 000	100	0,000 000 766 1	0,982 782
13 000	100	0,000 000 766 1	0,982 675
14 000	100	0,000 000 766 1	0,982 481
15 000	100	0,000 000 766 1	0,982 218
16 000	100	0,000 000 766 1	0,981 898
17 000	100	0,000 000 766 1	0,981 532
18 000	100	0,000 000 766 1	0,981 129
19 000	100	0,000 000 766 1	0,980 693
20000	100	0,000 000 766 1	0,980 231
21000	100	0,000 000 766 1	0,979 747
22000	100	0,000 000 766 1	0,979 243
23000	100	0,000 000 766 1	0,978 723
24000	100	0,000 000 766 1	0,978 189
25000	100	0,000 000 766 1	0,977 642
26000	100	0,000 000 766 1	0,977 085
27000	100	0,000 000 766 1	0,976 519
28000	100	0,000 000 766 1	0,975 945
29000	100	0,0000007661	0,975 363

Библиографический список

1. РД 10-577-03 (СО 153-34.17.421-2003). Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций. М. : ФГУП «НТЦ „Промышленная безопасность”», 2003.

2. Дитяшев, Б. Д. Продление срока эксплуатации паропроводов и статистика по отказам трубопроводов ТЭС за период 1997–2002 гг. / Б. Д. Дитяшев // Продление сроков службы паропроводов : тез. докл. регионал. совещ. Дивноморское : Южн. инж. центр энергетики, 2005. С. 6–10.

V. V. Stepanov, G. G. Krushenko

PATTERN OF HIGH-PRESSURE PIPE-LINE WORKING CONDITION USAGE FOR TECHNICAL SERVICE OPTIMIZATION

One can adopt technical documents effectively enough for each concrete high pressure pipeline taking into account denial statistics.

Keywords: model, high pressure pipeline, optimization, service.

УДК 621.892

А. А. Метелица, Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Н. Н. Малышева

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЦЕССЫ САМООРГАНИЗАЦИИ В СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Представлены результаты испытания смазочных масел на термоокислительную стабильность. Определено каталитическое влияние металлов на окислительные процессы в смазочных материалах с использованием стали 45(отпуск 600 °С). Получены регрессионные модели процесса термоокисления смазочных материалов. Предложены количественные показатели влияния металлов на смазочные материалы и процессы самоорганизации.

Ключевые слова: смазочный материал, сталь 45, термоокислительная стабильность, летучесть, коэффициенты поглощения светового потока и относительной вязкости, скорость процесса окисления, процессы самоорганизации, коэффициент каталитического влияния.

В настоящее время выбор элементов трущейся пары, а также выбор материалов для их изготовления осуществляется с учетом их совместимости. Под совместимостью понимают способность материалов пары трения приспосабливаться один к другому в процессе эксплуатации. Роль смазочного материала изучена недостаточно, но можно однозначно сказать, что от его качества зависят процессы формирования защитных слоев на поверхностях трения. Изучение совместимости трущихся пар нашло отражение в работах И. В. Крагельского, Н. А. Буше, И. С. Гершмана и других авторов [1–3]. Необходимо отметить, что существенное влияние на износостойкость материалов пары трения оказывает смазочный материал, как один из основных элементов любой трибосистемы. Основным требованием, предъявляемым к материалам пары трения, является износостойкость, обеспечивающая заданный ресурс. Однако совместимость сталей различной термообработки с жидкими смазочными материалами, базовой основой и комплектом присадок недостаточно изучена.

С появлением сложных агрегатов и двигателей, работающих в агрессивных условиях, а также имеющих весьма высокие скорости и нагрузки, возникает серьезная проблема выбора материалов для изготовления тяжелонагруженных деталей, совместимых со смазочным материалом. Поэтому современные производители нефтепродуктов легируют базовые масла различными присадками, которые значительно улучшают функциональные свойства смазочного материала. Данные о совместимости смазочных материалов с материалами трибосистемы отсутствуют. Конструкторы не имеют информации о выборе материалов на этапе проектирования, а основные характеристики, указанные на этикетках товарных масел не достаточны для объективного выбора смазочных масел для той или иной трибосистемы.

Методика исследования. Испытания моторных масел на термоокислительную стабильность проводились на пробах товарного масла М-10-$Г_{2к}$ массой 100 г. Термостатирование проводилось в стеклянном стакане, при этом масло перемешивалось стеклянной мешалкой с частотой 300 об/мин. Температура задавалась дискретно, с шагом 10°. Каждая проба испытывалась в интервале температур от 150 °С до 180 °С. Испытания смазочных масел проводились до значения коэффициента поглощения светового потока равного 0,7...0,8 ед. или изменению относительной вязкости не более, чем на 25 %.

Результаты исследования и их обсуждение. Влияние металлов, а также оптические свойства смазочных масел оценивались коэффициентом поглощения светового потока, графическая зависимость представлена на рис. 1.

Оптические свойства масла изменялись с различной интенсивностью в зависимости от температуры испытания. Так, при температуре 180 °С поверхностная энергия твердого тела, в данном случае стали 45 (отпуск 600 °С), не оказывает влияния на образование нерастворимых продуктов окисления, что подтверждается экспериментальными исследованиями (кривые 1, 1′ на рис. 1). Данная температура является критической для масла М-10-$Г_{2к}$ и в большей степени влияет на старение смазочного материала. При температуре 170 °С на начальном этапе испытания, в течение 45 ч, каталитическое влияние металла не проявляется, затем ускоряет процесс деструкции базовой основы и присадок.

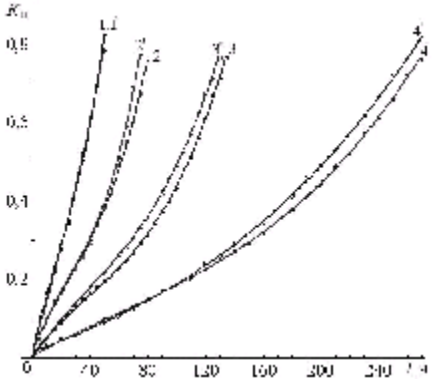


Рис. 1. Графическая зависимость коэффициента $K_п$ от температуры и времени испытания моторного масла М-10-$Г_{2к}$: 1–4 – товарное масло при температурах соответственно 180 °С, 170 °С, 160 °С, 150 °С; 1′–4′ – то же со сталью 45 (отпуск 600 °С)

Аналогичная тенденция просматривается и в проведенных испытаниях минерального дизельного масла при низких температурах. Это в какой-то степени объясняется тем, что при высоком отпуске данной марки стали получается оптимальное сочетание свойств. Полученные в результате термической обработки детали способны испытывать высокие ударные и циклические нагрузки, в стали происходят превращения, уменьшающие степень неравновесности структуры. И если рассматривать реальные условия эксплуатации деталей машин, то они оказывают каталитическое влияние на процессы, протекающие в смазочных материалах.

Графические зависимости $V_{K_п} = f(t)$ (рис. 2) представляют собой полиномиальные уравнения второго порядка. При температуре 180 °С (кривая 1′ на рис. 2) сталь 45 оказывает ингибиторное воздействие на процессы формирования нерастворимых продуктов окисления, что объясняется интенсивным образованием защитной пленки. При последующих температурах (кривые 2, 3, 4) проявляется каталитическое воздействие металла на смазочное масло, что связано со структурой металла после термической обработки, причем при температурах 160 °С и 150 °С наблюдается незначительное изменение оптических свойств минерального масла в присутствии металла, в связи с невысокой температурной нагрузкой, не способной сформировать защитную пленку на поверхности твердого тела.

Функциональные зависимости коэффициента относительной вязкости от времени и температуры испытания минерального моторного масла представлены на рис. 3.

Современные масла должны отвечать многим требованиям, таким как стойкость к старению, способность химически модифицировать поверхности металла, снижая каталитическое воздействие, а также обладать оптимальными вязкостно-температурными характеристиками при высоких температурах. Последнее из них наиболее справедливо в том случае, если обеспечивается пологость вязкостно-температурной характеристики. Согласно представленным графическим зависимостям, температуры 180 °С и 170 °С способствуют быстрому изменению всех перечисленных свойств, что указывает на более низкую температурную область работоспособности испытуемого масла, о чем свидетельствует пологость графических зависимостей (кривые 3, 3′ и 4, 4′ на рис. 3).

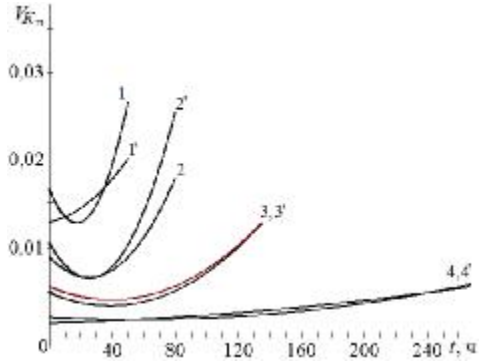


Рис. 2. Графическая зависимость скорости коэффициента поглощения светового потока от времени и температуры испытания моторного масла

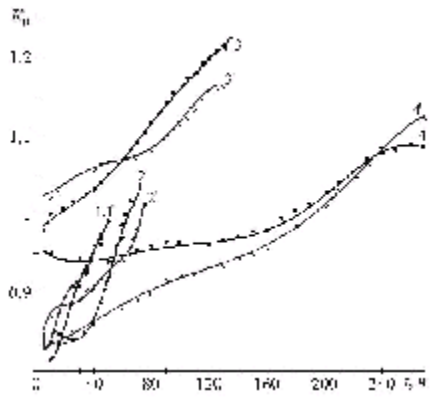


Рис. 3. Графическая зависимость коэффициента относительной вязкости от времени и температуры испытания минерального моторного масла М-10-$Г_{2к}$

При этом для масел (кривые 3′ и 4′ на рис. 3), испытываемых с образцами стали, значения коэффициента относительной вязкости ниже, чем у товарного масла, следовательно, наличие твердого тела в масляной среде является дополнительным фактором, снижающим вязкость посредством коагуляции промежуточных и конечных продуктов деструкции, адсорбированных на поверхности металла.

Графическая зависимость коэффициента энергии превращения $E_п$ от коэффициента поглощения светового потока $K_п$ представлена на рис. 4. Исходя из представленных экспериментальных данных тепловая энергия, подводимая к маслу, расходуется на испарение легких масляных фракций и образование различных продуктов окисления. При этом, наличие стали высокого отпуска не спо-

собствует существенному изменению окислительных процессов и оптических свойств моторного масла, а в большей степени влияет на летучесть масла.

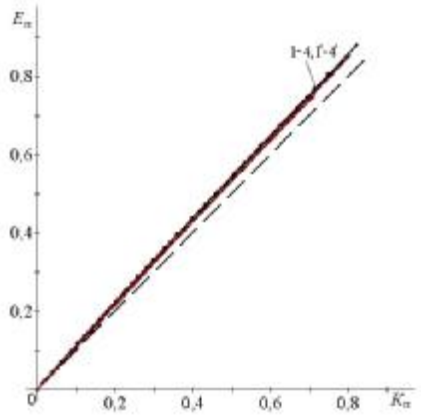


Рис. 4. Графическая зависимость коэффициента энергии превращения $E_п$ от коэффициента поглощения светового потока $K_п$ моторного минерального масла М-10-$Г_{2к}$

Высокая испаряемость при температурной нагрузке характерна для минерального масла. Графическая зависимость летучести от времени и температуры испытания представлена на рис. 5. Этот показатель может служить также критерием для оценки и обоснования температурного режима, при котором данное масло способно выполнять свои заданные функции в течение длительного времени эксплуатации.

При температурах 180 °С и 170 °С (кривые 1, 1′ и 2, 2′ на рис. 5) происходит интенсивное испарение легких фракций смазочного материала, при 160 °С и150 °С наблюдается снижение летучести, что обусловлено более низким температурным порогом работоспособности представленного масла М-10-$Г_{2к}$.

Следует отметить, что с понижением температуры поверхность металла становится более светлой, что можно характеризовать как взаимодействие твердого тела при соответствующей температурной нагрузке с молекулами смазочного материала. Изменение цвета защитной пленки объясняется тем, что при высоких температурах концентрация нерастворимых продуктов окисления интенсивно растет и частично эти продукты поглощаются поверхностью твердого тела. С понижением температуры, окислительные процессы замедляются, снижается скорость образования конечных продуктов деструкции смазочного масла, а следовательно, замедляются процессы формирования хемосорбционной пленки на поверхности металла.

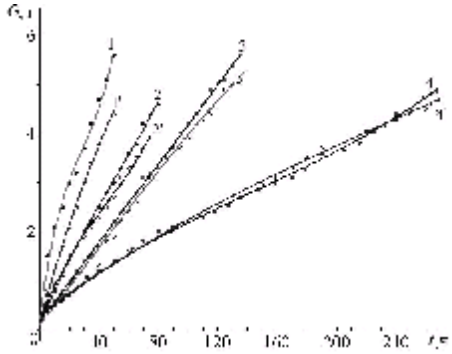


Рис. 5. Графическая зависимость коэффициента летучести от времени и температуры испытания моторного минерального масла М-10-$Г_{2к}$

Таким образом, показано, что смазочный материал является важнейшим элементом в любой трибологической системе, обеспечивающим снижение износа за счет введения различных легирующих компонентов. Процессы самоорганизации смазочного масла и механической системы, включающей узлы трения, в значительной степени зависят от углеводородного состава базовой основы и функциональных свойств пакета присадок. Сущность самоорганизации триботехнической системы заключается в том, что взаимодействие трущихся тел и смазочной среды локализуется в тонких слоях вторичных структур трения, которые защищают ее от внешних воздействий [4].

Библиографический список

1. Буше, Н. А. Подшипниковые сплавы для подвижного состава / Н. А. Буше. М. : Транспорт, 1967.

2. Костецкий, Б. И. Трение, смазка и износ в машинах / Б. И. Костецкий. Киев : Техніка, 1970.

3. Матвеевский, Р. М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов / Р. М. Матвеевский. М. : Наука, 1971.

4. Ковальский, Б. И. Методология контроля и диагностики смазочных материалов, как элемент систем приводов многокомпонентных машин : дис ... д-ра техн. наук / Б. И. Ковальский. Красноярск, 2005.

A. A. Metelitsa, B. I. Kovalski, Yu. N. Bezborodov, N. N. Malysheva

CATALYTIC INFLUENCE OF METALS ON SELF-ORGANIZING PROCESSES IN LUBRICANTS

The results of testing motor oils on thermal-oxidation stability are presented. The catalytic influence of metals on oxidizing processes in lubricants using of steel 45 (tempering 600) were determined. The regression models of the destruction lubricants process are received. The quantity indicators of metal influence on lubricants and self-organizing processes are offered.

Keywords: lubricant, steel 45, thermal-oxidation stability, volatility, light flux absorption factor and relative viscosity, speed of oxidizing process, process of self-organizing, the catalytic influence factor.

УДК 621.791.75

В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРРОЗОНДОВОГО ДАТЧИКА СТЫКА СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ[1]

Приведены результаты исследований динамических свойств дифференциального феррозонда как элемента автоматической системы слежения за стыком, измеряющего составляющую магнитного поля сварочного тока, несущую информацию о положении электрода относительно стыка.

Ключевые слова: феррозонд, спектр, добротность, передаточная функция.

В системах автоматической ориентации электрода по стыку свариваемых деталей применяются измерительные устройства с феррозондовым датчиком стыка, измеряющим информационную составляющую магнитного поля переменного тока сварочного контура [1].

Традиционно феррозонды применяются для измерения магнитных полей в статическом режиме и достаточно полно освещены в научно-технической литературе [2–4]. Динамический характер функционирования автоматических систем, использующих феррозонд в контуре управления, предполагает обеспечение соответствующих требований к его динамическим свойствам, которые в большой степени определяются характером нагрузки измерительной обмотки. Сведения, касающиеся оценки феррозонда как элемента системы управления положением электрода в условиях дуговой сварки, когда информационное магнитное поле на 1,5...2 порядка меньше поля сварочного тока, отсутствуют. Это обстоятельство обусловливает целесообразность исследования динамических характеристик феррозонда и является предметом данной статьи.

Рассмотрим работу дифференциального феррозонда [2] с выходом на второй гармонике, нагруженного на комплексное сопротивление r, L, C (см. рисунок), при воздействии измеряемого поля $H(t)$, слабого по сравнению с полем возбуждения.

Сигнал $H(t)$ моделирует четные гармоники выходной ЭДС феррозонда, поэтому при выделении второй гармоники напряжение на нагрузке может быть представлено в виде

$$u(t) = U(t)\cdot\cos 2\omega t,$$

где $U(t) = G_2 \cdot H(t)$ – огибающая выходного амплитудно-модулированного сигнала; G_2 – коэффициент преобразования феррозонда по второй гармонике; ω – частота возбуждения.

Если входной сигнал $H(t)$ имеет ограниченный спектр частот $0 \le \Omega \le \omega$, то он может быть представлен преобразованием Фурье [5]:

$$H(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\omega}^{\omega} H(\Omega)e^{j\Omega t}d\Omega.$$

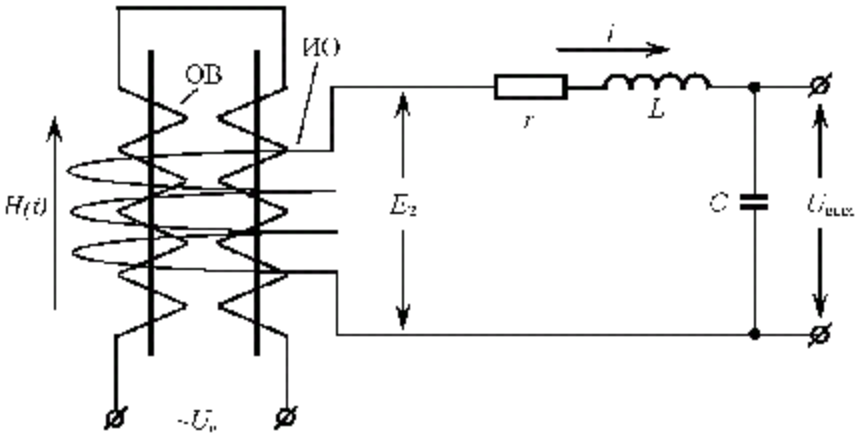
В этом случае в огибающей несущего напряжения сохраняется полная информация о передаваемом сигнале при использовании амплитудной модуляции.

Амплитудные и фазовые частотные характеристики для огибающей выходного сигнала можно найти в предположении, что входной сигнал изменяется по следующему гармоническому закону:

$$H(t) = H(\Omega)\cdot\cos\Omega t.$$

Из этого соотношения видно, что огибающая выходного напряжения феррозонда изменяется по тому же закону. При этом амплитуда и фаза огибающей зависят от Ω. Таким образом,

$$u(t) = U(\Omega)\cdot\cos[\Omega t - \varphi(\Omega)]\cdot\cos 2\omega t,$$



Феррозонд с нагрузкой: ИО – измерительная обмотка; ОВ – обмотка возбуждения; E_2 – ЭДС измерительной обмотки; $\sim U_в$ – напряжение возбуждения феррозонда частотой ω

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07-08-00179) и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта 2957).

где $U(\Omega) = H(\Omega)\cdot G_2(\Omega)$ – амплитуда огибающей; $\varphi(\Omega)$ – фаза огибающей выходного сигнала.

Задача сводится к определению функций $G_2(\Omega)$ и $\varphi(\Omega)$, которые являются соответственно амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристиками феррозонда для огибающей.

При гармоническом измеряемом поле ток в нагрузке феррозонда с выходом на второй гармонике содержит две составляющие с частотами $(2\omega + \Omega)$ и $(2\omega - \Omega)$ [5]:

$$I(t) = \frac{\left|I_{q,p}\right|}{2}\cos\left[(2\omega+\Omega)t + \varphi_{q,p}\right] + \frac{\left|I_{q,-p}\right|}{2}\cos\left[(2\omega-\Omega)t + \varphi_{q,-p}\right],$$

где $\left|I_{q,p}\right|$ и $\left|I_{q,-p}\right|$ – модули; $\varphi_{q,p}$ и $\varphi_{q,-p}$ – фазы составляющих тока; q и p – номера гармонических составляющих частот щ и Ω, соответственно.

Если модули и фазы составляющих суммарной и разностной частот равны, то изменение тока может быть представлено в виде амплитудно-модулированного колебания:

$$I(t) = \left|I_{q,p}\right|\cos\Omega t\cos(2\omega t + \varphi_{q,p}).$$

Такое условие выполняется для низкой частоты измеряемого поля, т. е. при $\Omega << \omega$.

Если частота измеряемого поля Ω соизмерима с частотой возбуждения ω, такое приближение недопустимо. Упростить решение задачи в этом случае можно, если учесть, что характерной особенностью схемы выделения сигнала феррозонда является использование фазочувствительного демодулятора, который выделяет из входного сигнала только составляющую, синфазную с его опорным напряжением. Фаза опорного напряжения выбирается равной фазе $\varphi_{q,0}$, синфазной составляющей несущего колебания в статическом состоянии при постоянном измеряемом поле. При этом квадратурная составляющая модулированного колебания, фаза которой сдвинута на угол $\pm\pi/2$ относительно опорного напряжения, не детектируется фазочувствительным демодулятором.

В общем случае, когда $\left|I_{q,p}\right| \neq \left|I_{q,-p}\right|$ и $\varphi_{q,p} \neq \varphi_{q,-p}$, ток в нагрузке целесообразно представить в виде суммы синфазной $I_{сф}$ и квадратурной $I_{кв}$ составляющих модулированного колебания

$$I(t) = I_{сф}\cos(2\omega t + \varphi_{q,0}) + I_{кв}\sin(2\omega t + \varphi_{q,0}), \qquad (1)$$

где

$$I_{сф} = \frac{1}{2}\left|I_{q,-p}\right|\cos(\Omega t - \varphi_{q,-p} + \varphi_{q,0}) + \frac{1}{2}\left|I_{q,p}\right|\cos(\Omega t + \varphi_{q,p} - \varphi_{q,0}), \qquad (2)$$

$$I_{кв} = \frac{1}{2}\left|I_{q,-p}\right|\sin(\Omega t - \varphi_{q,-p} + \varphi_{q,0}) - \frac{1}{2}\left|I_{q,p}\right|\cos(\Omega t - \varphi_{q,p} - \varphi_{q,0}). \qquad (3)$$

Синфазную составляющую полезного сигнала (2) представим в виде

$$I_{сф}(j\omega) = \frac{1}{2}\left[\left|I_{q,p}\right|\cos(\varphi_{q,p} - \varphi_{q,0}) + + \left|I_{q,-p}\right|\cos(\varphi_{q0} - \varphi_{q,p})\right] + \frac{1}{2}j\left[\left|I_{q,p}\right|\sin(\varphi_{q,p} - \varphi_{q0})\right] + \left[\left|I_{q,-p}\right|\sin(\varphi_{q0} - \varphi_{q,-p})\right].$$

Запишем последнее выражение в комплексной форме и определим частотную передаточную функцию феррозонда по огибающей:

$$G_{сф}(j\Omega) = \frac{I_{сф}(j\Omega)}{H(j\Omega)} = \frac{I_{q0}}{2H(j\Omega)}\left[\left|\frac{I_{q,p}}{I_{q0}}\right|e^{j(\varphi_{q,p}-\varphi_{q0})} + \left|\frac{I_{q,-p}}{I_{q0}}\right|e^{j(\varphi_0-\varphi_{q,-p})}\right] = \frac{\left|I_{q,p}\right|e^{-j\varphi_{q0}} + \left|I^*_{q,-p}\right|e^{j\varphi_{q0}}}{2H(j\Omega)},$$

где $I^*_{q,-p}$ и $I_{q,p}$ – составляющие тока, сопряженные по гармоническим составляющим огибающей модулированного колебания.

Аналогично получим передаточную функцию для квадратурной составляющей (3):

$$G_{кв}(j\Omega) = \frac{I_{кв}(j\Omega)}{H(j\Omega)} = \frac{\left|I_{q,p}\right|e^{-j\varphi_{q0}} - \left|I^*_{q,-p}\right|e^{j\varphi_{q0}}}{2H(j\Omega)}.$$

Рассматриваемая квадратурная составляющая, возникающая при воздействии на феррозонд переменного измеряемого поля, имеет место лишь тогда, когда составляющие боковых частот не равны, т. е.

$$\left|I_{q,p}\right| \neq \left|I^*_{q,-p}\right|.$$

Этими же причинами обусловлено появление квадратурной составляющей при прохождении амплитудно-модулированного сигнала через частотно-избирательный фильтр с несимметричными амплитудно- и фазочастотной характеристиками.

Для переменного измеряемого поля с ограниченным спектром частот $p\Omega << q\omega$, пользуясь приближенным соотношением [5; 6]

$$\frac{q\omega \pm p\omega}{q\omega} - \frac{q\omega}{q\omega \pm p\omega} = \pm\frac{2p\Omega\left(1 - \frac{p\Omega}{2q\omega}\right)}{q\omega\left(1 - \frac{p\Omega}{q\omega}\right)} \approx \pm 2\frac{p\Omega}{q\omega},$$

представим напряжение на конденсаторе (см. рисунок) следующим образом:

$$U_c = U_{q,\pm p} = \frac{wS\mu_2 H(\Omega)\left(1 \pm j\Omega\tau' + j\gamma\right)}{rC\left[(1 + j\Omega\tau)^2 - \gamma^2\right]},$$

где w – количество витков измерительной обмотки феррозонда; S – площадь сечения сердечников; $\mu_2 = \frac{L_2}{A} = \frac{4}{\pi}\mu_{\max}\frac{1}{h^2}\sqrt{h^2 - 1}$ – вторая гармоника магнитной проницаемости сердечников; L_2 – вторая гармоника индуктивности измерительной обмотки; $A = w^2Sl^{-1}$ – коэффициент пропорциональности; l – длина сердечника; $h = H_m/H_s$ – относительная амплитуда поля возбуждения; H_m – амплитуда поля возбуждения; H_s – значение поля

насыщения сердечника; $\gamma = \omega L_4/r$ – коэффициент регенерации; L_4 – четвертая гармоника индуктивности измерительной обмотки; $\tau = \frac{2(L_0+L)}{r}$, и $\tau' = \frac{2(L_0+L)-\frac{L_4}{2}}{r}$ – постоянные времени; L_0 – индуктивность измерительной обмотки.

Учитывая, что [5; 6]

$$e^{j\varphi_0} = \frac{1+j\gamma}{\sqrt{1+\gamma^2}},$$

определим следующее:

– коэффициент передачи феррозонда для огибающей синфазного напряжения (квадратурная составляющая не детектируется фазочувствительным демодулятором)

$$G_{\text{сф}} = \frac{U_c(\Omega)}{H(\Omega)} = \frac{1}{2H(\Omega)}\left(U_{q,p}e^{-j\varphi_0} + U_{q,-p}e^{j\varphi_0}\right) = \frac{wS\mu_2(1+\gamma^2+j\Omega\tau')}{rC(1-\gamma^2-\Omega^2\tau^2+j\Omega\tau)\sqrt{1+\gamma^2}};$$

– относительную амплитудно-частотную характеристику феррозонда для огибающей

$$W(\Omega) = \frac{U_c(\Omega)}{U_{c0}} = \frac{\sqrt{1+\frac{\Omega^2\tau'^2}{(1+\gamma^2)^2}}}{\sqrt{\left(1-\frac{\Omega^2\tau^2}{1-\gamma^2}\right)^2+\frac{\Omega^2\tau^2}{(1-\gamma^2)^2}}}; \quad (4)$$

– фазочастотную характеристику

$$\varphi(\Omega) = \operatorname{arctg}\frac{\Omega\tau'}{1+\gamma^2} - \operatorname{arctg}\frac{\Omega\tau}{1-\gamma^2-\Omega^2\tau^2}.$$

В диапазоне частот, характеризуемом соотношением $\Omega^2\tau^2 >> 1$, при $\tau^2 \approx \tau$ выражение (4) можно упростить:

$$W(\Omega) \approx \frac{1}{\Omega\tau\frac{1+\gamma^2}{1-\gamma^2}}. \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что феррозонд в динамическом режиме эквивалентен инерционному звену первого порядка с передаточной функцией:

$$W(j\Omega)_{\text{э}} = \frac{1}{1+j\Omega\tau_{\text{э}}},$$

где

$$\tau_{\text{э}} = \tau\frac{1+\gamma^2}{1-\gamma^2} = \frac{2(L_0+L)(1+\gamma)^2}{r(1-\gamma^2)} = T_0Q_{\text{э}}; \quad (6)$$

$Q_{\text{э}}$ – эквивалентная добротность феррозонда.

Таким образом, приближенные расчеты коэффициента феррозонда для огибающей могут производиться по выражениям амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик эквивалентного инерционного звена:

$$W(j\Omega) = \frac{1}{\sqrt{1+\Omega^2\tau_{\text{э}}^2}},$$

$$\varphi(\Omega) = -\operatorname{arctg}\,\Omega\tau_{\text{э}}.$$

Для определения эквивалентного коэффициента передачи феррозонда достаточно найти постоянную времени $\tau_{\text{э}}$, которая может быть получена экспериментально или аналитически.

В резонансном режиме экспериментально может быть найдено значение эквивалентной добротности феррозонда $Q_{\text{э}}$, показывающее, во сколько раз возрастает его коэффициент преобразования для постоянного измеряемого поля, по сравнению с аналогичным коэффициентом в режиме холостого хода. Тогда, в соответствии с выражением (6), эквивалентная постоянная времени феррозонда оказывается в $Q_{\text{э}}$ раз больше периода T_0 частоты возбуждения ω.

Расчетный способ определения $ф_{\text{э}}$ при известных параметрах нагрузки r, L, C сводится к нахождению индуктивностей L_0 и L_4. Задавшись аппроксимирующей функцией кривой намагничивания сердечника феррозонда, для определения амплитуды поля возбуждения h можно найти значения L_0 и L_4 [2].

Таким образом, при оценке динамических характеристик феррозонда, цепь нагрузки которого настроена в резонанс на частоту второй гармоники, необходимо учитывать, что его статический коэффициент преобразования в $Q_{\text{э}}$ раз выше, чем в режиме холостого хода, а постоянная времени возрастает в $Q_{\text{э}}$ раз по сравнению с периодом частоты возбуждения.

При отсутствии резонанса в цепи нагрузки, т. е. при активной или активно-индуктивной нагрузке, а также в режиме холостого хода постоянная времени оказывается соизмеримой с периодом частоты возбуждения, и ее влиянием в большинстве случаев можно пренебречь, по сравнению со значительно большими постоянными времени фазочувствительного демодулятора и избирательного усилителя.

Точность расчета по приведенным формулам достаточна для анализа динамических характеристик феррозонда в резонансном режиме при эквивалентной добротности, достигающей значений от единиц до нескольких десятков.

Библиографический список

1. Браверман, В. Я. Устройство для слежения за стыком свариваемых деталей с датчиком магнитного поля / В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев // Вестник СибГАУ. Вып. 3. Красноярск, 2008. С. 106–108.

2. Афанасьев, Ю. В. Феррозонды / Ю. В. Афанасьев. Л. : Энергия, 1969.

3. Розенблат, М. А. Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники / М. А. Розенблат. М. : Наука, 1974.

4. Лысенко, А. П. Работа четногармонических феррозондов и магнитных усилителей под нагрузкой / А. П. Лысенко // Электричество. 1963. № 12. С. 17–25.

5. Куракин, К. И. Следящие системы малой мощности / К. И. Куракин. М. : Машиностроение, 1965.

6. Власов, Н. П. Теория линейных следящих систем, работающих на переменном токе / Н. П. Власов. М. : Энергия, 1964.

V. Ya. Braverman, V. S. Belozertsev

DYNAMIC CHARACTERISTICS ANALYSIS OF THE FLUX GATE SENSOR OF JOINT WELDING PARTS

The investigation results of dynamic properties of the differential flux gate as a part of automatic tracking system, which measures the magnetic field of the welding current, with the information about the electrode position relatively to the junction are presented.

Keywords: flux gate, spectrum, Q-factor, transfer function.

УДК 658.512, 004.942

Р. Х. Ахатов, К. А. Однокурцев

ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ МЕТОД ВЫБОРА И АНАЛИЗА СБОРОЧНЫХ БАЗ В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ

Исследование относится к области автоматизации технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. Метод формализованного выбора и анализа сборочных баз основан на применении координатной модели – дискретной информационной модели изделия.

Ключевые слова: сборка, планер, сборочная база, дискретная модель.

Изделия самолетостроения отличаются сложными формами, малой жесткостью деталей и высокими требованиями к точности сборки. Поэтому при сборке узлов и агрегатов самолета широко применяют сборочную оснастку. Компоновку сборочной оснастки и структуру технологического процесса сборки изделия определяет выбранная схема базирования деталей при сборке [1] – сборочная схема базирования.

При традиционном подходе к проектированию сборочной оснастки состав сборочных баз определяет технолог. Методы выбора и анализа сборочных баз слабо формализованы, а способ представления баз, удобный для человека, неудобен в условиях автоматизированного производства [2]. Поэтому необходимо разработать формализованный метод анализа и выбора сборочных баз и соответствующую математическую модель для его реализации.

Воспользуемся методом последовательной оптимизации состава сборочных баз по критериям технологичности сборки, собираемости, текущей жесткости, точности сборки и др. Тогда разработка сборочной схемы базирования включает несколько этапов (рис. 1):

– анализ структуры и геометрических параметров изделия;

– выбор основного способа базирования;

– выбор состава сборочных баз и последовательности сборки;

– анализ собираемости изделия;

– анализ текущей жесткости (жесткости установки деталей с учетом условий базирования и закрепления);

– анализ точности сборки;

– выбор измерительных баз.

Большинство исходных данных доступны из электронного макета (ЭМ) изделия, выполненного в CAD-системе: массовые и геометрические характеристики деталей, взаимное расположение деталей и крепежных элементов. Прочие исходные данные (точность изготовления деталей, требуемая точность сборки, технологические нагрузки и др.) доступны из PDM-системы предприятия или задаются технологом.

На основе перечисленных данных с применением формализованных алгоритмов анализа ЭМ изделия [3] построим конструкторскую схему базирования – двухуровневый гиперграф сопряжений деталей. На первом уровне графа в узлах находятся детали изделия, а на втором – отдельные грани. Дуги графа показывают сопряжения соответствующих элементов изделия. Такой граф отражает необходимый результат сборки изделия.

Выбор основного способа базирования определяет тип сборочного приспособления, используемого при сборке данного изделия. Различают три основных способа базирования (в порядке снижения технологичности и повышения точности сборки) [1]:

– по сборочным отверстиям (СО) на деталях – сборка без приспособления;

– по базовым отверстиям (БО) на приспособлении – сборка в приспособлении упрощенной конструкции;

– по поверхностям в приспособлении – сборка в приспособлении традиционной конструкции.

Выбираем основной способ базирования в порядке снижения технологичности. Это гарантирует сборку изделия с заданной точностью и наиболее технологичным способом.

Для выбора и анализа сборочных баз используем координатную модель [4]. Это дискретная математическая модель схемы базирования деталей в изделии, динамически связанная с твердотельной моделью изделия и состоящая из конечного множества точек (назовем их базовыми точками) с заданными в них дополнительными па-

раметрами. Она характеризуется набором данных в каждой точке и расположением точек (рис. 2).

Набор данных в каждой базовой точке включает координаты этой точки и связанные с ней дополнительные параметры. Координаты точек определим из ЭМ изделия в CAD-системе. Дополнительные параметры обусловлены поставленной задачей: ограничения степеней свободы детали, отклонения точек от номинального положения, приложенная к деталям нагрузка и др. Большинство из них заданы в векторном виде.

Расположение базовых точек определяется их количеством и способом расположения на поверхности базирования. Оно зависит от формы и относительных габаритов поверхности, а также от поставленной задачи.

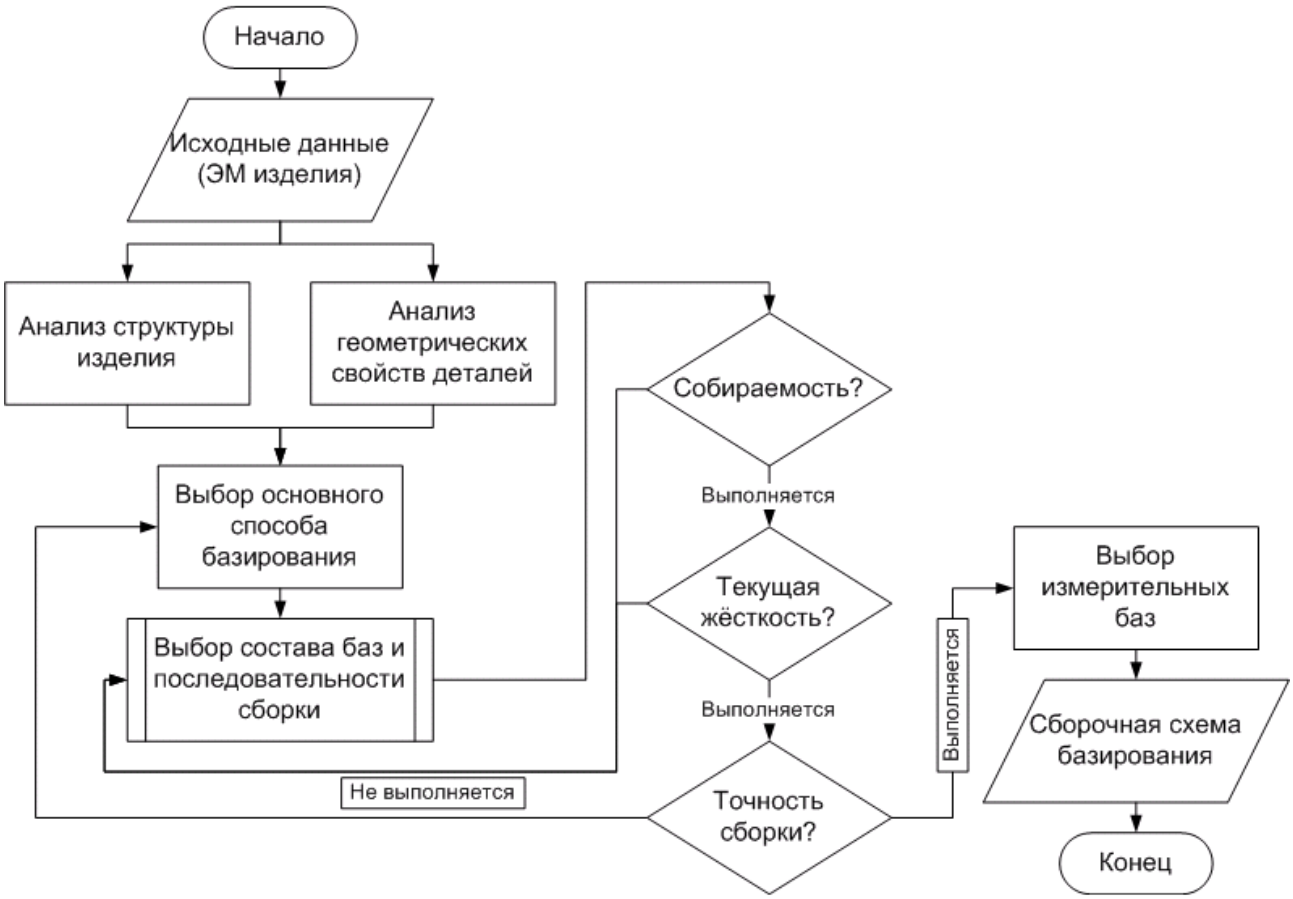


Рис. 1. Последовательность разработки сборочной схемы базирования

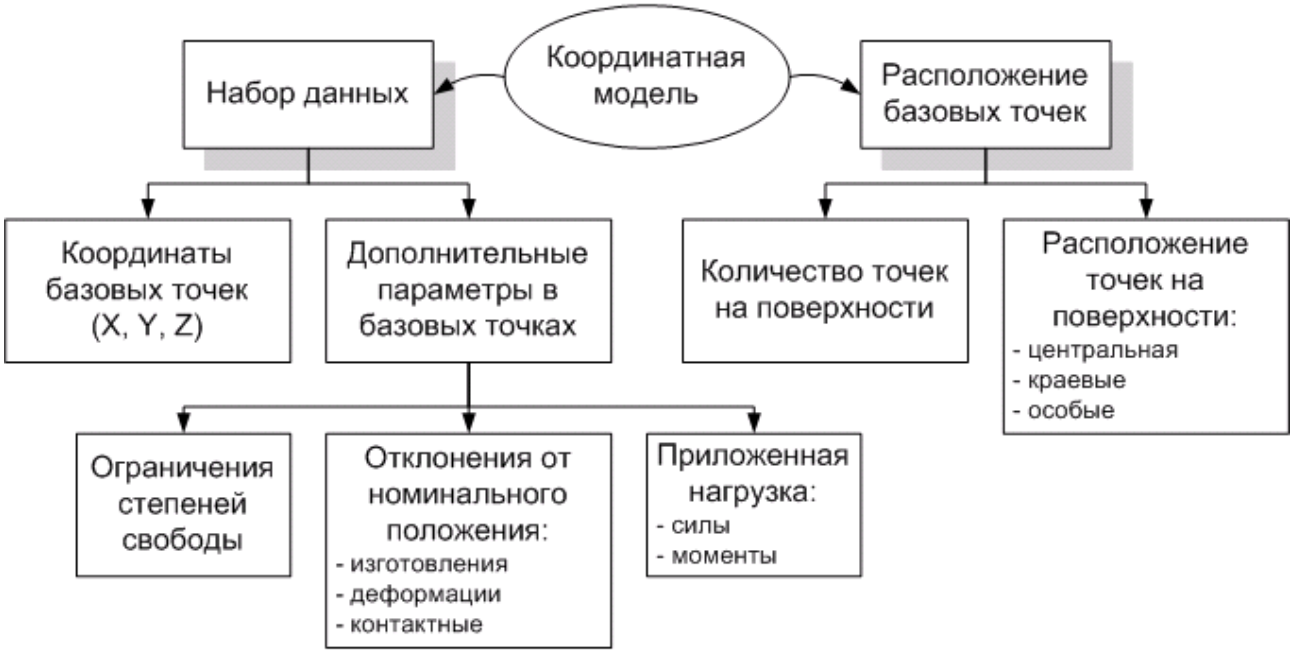


Рис. 2. Структура координатной модели

Начало связанной системы координат поверхности находится в точке ее геометрического центра (по относительным координатам $U = 0{,}5$; $V = 0{,}5$). Оси X и Y соответствуют направлениям U и V, а ось Z направлена по нормали к поверхности. В общем случае рассматривается простой отсек поверхности – топологический эллипс (рис. 3). В более сложных ситуациях выполняется декомпозиция сложной поверхности на простые составляющие.

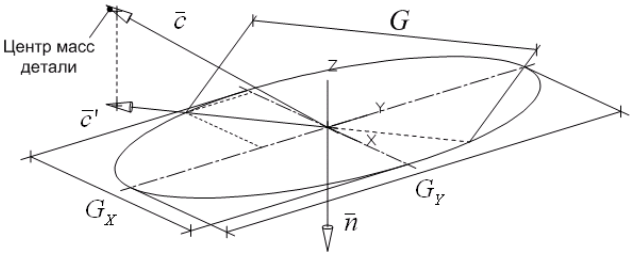


Рис. 3. Определение габаритных коэффициентов поверхности сопряжения

При решении большинства задач имеет значение направление нормали в произвольной точке поверхности. Оно описано углами α и β отклонения вектора нормали от оси Z связанной системы координат в плоскостях OXZ и OYZ соответственно:

$$\begin{cases} \alpha \in [\alpha_1, \alpha_2], \\ \beta \in [\beta_1, \beta_2]. \end{cases}$$

Границы диапазона $[\alpha_1, \alpha_2]$ и $[\beta_1, \beta_2]$ определяются по точкам внешнего контура поверхности и точкам перегиба (изменения знака кривизны) поверхности методом сечений.

На ограничения степеней свободы и текущую жесткость детали влияет соотношение габаритов поверхности базирования и координат центра масс детали относительно связанной системы координат поверхности. Выразим его через габаритные коэффициенты K_X, K_Y – в направлении осей X и Y связанной системы координат и K – в направлении центра масс устанавливаемой детали (рис. 3):

$$\begin{cases} K = \dfrac{c}{G}, \\ K_Y = \dfrac{\sqrt{c_Y^2 + c_Z^2}}{G_Y}, \\ K_X = \dfrac{\sqrt{c_X^2 + c_Z^2}}{G_X}, \end{cases}$$

где c – длина радиус-вектора $\bar{c}$ центра масс устанавливаемой детали в связанной системе координат поверхности базирования; c_X, c_Y, c_Z – проекции радиус-вектора $\bar{c}$ на оси связанной системы координат; G_X, G_Y – габариты поверхности базирования в направлении осей X и Y связанной системы координат; G – габарит поверхности, измеренный в плоскости пересечения вектора $\bar{c}'$ с осью Z.

Сравним значения габаритных коэффициентов с заданной величиной д и определим тип базы [5]:

– установочная ($K_X \le \delta$ и $K_Y \le \delta$) – ограничено перемещение в направлении оси Z и повороты вокруг осей X и Y связанной системы координат;

– направляющая ($K_X > \delta$, или $K_Y > \delta$, или $K > \delta$) – ограничено перемещение в направлении оси Z и повороты вокруг оси X (при $K_Y > \delta$) или Y (при $K_X > \delta$) связанной системы координат, либо вокруг проекции вектора $\bar{c}$ на плоскость OXY (при $K > \delta$);

– опорная ($K_X > \delta$ и $K_Y > \delta$) – ограничено только перемещение в направлении оси Z связанной системы координат.

Соответственно, на координатной модели для опорной базы достаточно задать единственную точку, для направляющей – не менее двух точек, лежащих на одной прямой, а для установочной – не менее трех точек, не лежащих на одной прямой. Значение д определяется экспертной системой либо задается технологом.

Рассмотрим пример нервюры (рис. 4): поверхность сопряжения стойки со стенкой является для стойки установочной базой, а для стенки (при обратной последовательности сборки) – направляющей (при значении $\delta = 1$). Габаритные коэффициенты приведены в табл. 1.

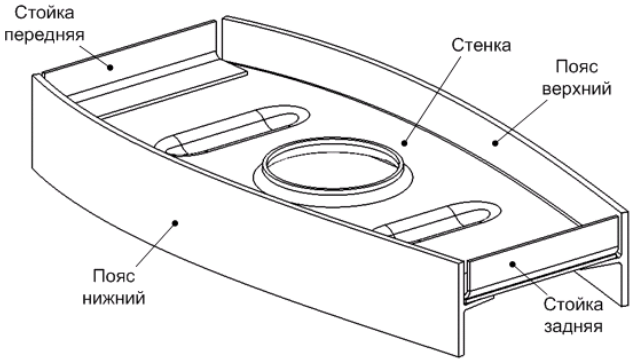


Рис. 4. Пример конструкции нервюры

При размещении точек координатной модели учитываем взаимное расположение поверхностей базирования. Соответствующие базовые точки в пределах размерной цепи располагаются таким образом, чтобы длина образованной ими ломаной линии была наименьшей. Например, базовые точки одного пакета следует располагать на общей нормали к поверхности сопряжения, совпадающей с осью крепежного элемента в ЭМ изделия.

Анализ собираемости включает в себя анализ ограничений степеней свободы и анализ возможности установки детали в заданное положение. Исходными данными являются координаты базовых точек и связи, наложенные на детали в этих точках.

Для ограничения степеней свободы используем односторонние линейные связи в базовых точках координатной модели, заданные единичными векторами $\bar{t}_i$. Для полного ограничения линейных перемещений детали как твердого тела необходимо шесть ограничений, представленных логическими (булевыми) векторами $T_{-\bar{x}}$, $T_{+\bar{x}}$, $T_{-\bar{y}}$, $T_{+\bar{y}}$, $T_{-\bar{z}}$, $T_{+\bar{z}}$. Найдем их с помощью проекции вектора $\bar{t}_i$ на заданную ось, с учетом угла ц$_i$ между вектором и искомой осью:

$$T = \begin{cases} 1, \text{ если } \exists \ \cos\varphi_i \ge t_{\min}, \\ 0, \text{ если } \forall \ \cos\varphi_i < t_{\min}. \end{cases}$$

Угловые степени свободы, обозначенные логическими векторами $R_{-\bar{x}}$, $R_{+\bar{x}}$, $R_{-\bar{y}}$, $R_{+\bar{y}}$, $R_{-\bar{z}}$, $R_{+\bar{z}}$, ограни-

чиваются сочетанием линейных связей, заданных в различных точках, с учетом плеча l_i одного вектора связи $\overline{t_i}$ относительно точки приложения другого и угла ш$_i$ между векторами:

$$R = \begin{cases} 1, \text{ если } \exists\ (l_i \cos\psi_i) \geq r_{\min}, \\ 0, \text{ если } \forall\ (l_i \cos\psi_i) < r_{\min}. \end{cases}$$

Возможность установки детали при выбранном составе сборочных баз определяет сектор подхода – сектор сферы пространства, содержащий множество доступных векторов перемещения детали в сборочное положение. Сектор подхода S равен пересечению секторов подхода $S_{i,j}$ к каждой поверхности j-й базы, используемой при установке i-й детали:

$$S = \bigcap_{i \in I,\ j \in J} S_{i,j}.$$

Из сектора подхода выберем такой вектор, при перемещении детали вдоль которого не возникает пересечения заметаемого тела $T_{\text{зам}}$, описываемого деталью, с уже установленными деталями и элементами оснастки $T_{\text{дет}\,i}$:

$$T_{\text{зам}} \bigcap T_{\text{дет}.i} = 0.$$

В результате, построенная по выбранному составу сборочных баз координатная модель отвечает условию собираемости изделия.

Состав сборочных баз и последовательность сборки зависят от основного способа базирования. При базировании по СО используются только сборочные базы, совмещенные с конструкторскими. Графы сборочной и конструкторской схем базирования идентичны по форме. Началом станет деталь, имеющая наибольшее число сопряжений с другими деталями и обладающая достаточной жесткостью, а последовательность установки прочих деталей определяется сопряжениями между ними. При возможности одновременной установки нескольких деталей выбирается вариант с наибольшей текущей жесткостью.

Например, для рассмотренной нервюры (рис. 3) стенка имеет наибольшее число сопряжений – четыре. Тогда сборочная схема базирования имеет один уровень сборки (рис. 5), т. е. все прочие детали могут устанавливаться одновременно.

Сравним текущую жесткость при различных последовательностях сборки косвенно по суммарным моментам инерции установленных деталей: чем больше минимальный момент инерции, тем выше текущая жесткость. Согласно данным табл. 2 наибольшую жесткость обеспечивает соединение стенки с верхним поясом, поэтому он устанавливается вторым. Аналогично определим последовательность установки прочих деталей: третьим установим нижний пояс, затем переднюю и заднюю стойки.

При сборке в приспособлении в конструкторскую схему базирования вводим технологические базы – сборочные базы приспособления. На графе схемы базирования добавим еще один узел – приспособление – и связи с теми деталями, которые базируются по приспособлению. Сборочное приспособление обеспечивает взаимное расположение измерительных баз различных деталей с заданной точностью. Поэтому в координатной модели добавим базовые точки на технологических базах, выбранных по следующим критериям:

– существует связь с измерительными базами изделия;

– размерная цепь между измерительными базами двух различных деталей содержит компенсирующее звено;

– деталь обладает достаточной жесткостью.

Рис. 5. Пример графа сборки по конструкторским базам

Таблица 1

Габаритные коэффициенты базовой поверхности при установке по ней различных деталей

№ п/п	Устанавливаемая деталь	Координаты центра масс детали, мм				Габаритные размеры поверхности, мм			Габаритные коэффициенты		
		c_X	c_Y	c_Z	c	G_X	G_Y	G	K	K_X	K_Y
1	Стенка	117	1,78	0,88	117	16	72	16	7,31	7,31	0,03
2	Стойка	5,64	0	4,28	7,08				0,44	0,44	0,06

Таблица 2

Массовые характеристики первой и второй деталей в сборе

№ п/п	Присоединяемая деталь	Масса в сборе, кг	Центральные моменты инерции, мм^4		
			I_X	I_Y	I_Z
1	Верхний пояс	0,203	242	1 012	1 233
2	Нижний пояс	0,202	240	1 011	1 231
3	Передняя стойка	0,111	98	609	705
4	Задняя стойка	0,109	96	612	706

Измерительные базы назначим на поверхностях, к точности расположения которых предъявляются повышенные требования. Это поверхности внешних конструкторских баз (основных и вспомогательных баз сборочной единицы в изделии) и исполнительные поверхности (для планера – поверхности теоретического обвода). Поверхность считаем связанной с измерительной базой, если измерительная база назначена на ней непосредственно либо находится в одном пакете с данной поверхностью. Это определяется по ЭМ изделия и координатной модели.

Размерная цепь строится по кратчайшему маршруту на графе сборочной схемы базирования, на котором есть компенсирующее сопряжение. Такое сопряжение не ограничивает степени свободы в направлении размерной цепи. Найдем его, исследовав связи в базовых точках координатной модели.

Жесткость деталей оцениваем косвенно по массовым и геометрическим характеристикам с учетом условий базирования и закрепления, как было рассмотрено выше. Детали для базирования в приспособлении выбираем по наибольшей текущей жесткости.

Поверхности базирования деталей в приспособлении выберем с учетом основного метода базирования в порядке снижения технологичности. Так, в первую очередь исследуем возможность базирования наиболее жестких деталей по БО, совмещенных с отверстиями крепежа, что позволит сократить число фиксаторов БО в приспособлении. Если это невозможно для данного изделия, то исследуем возможность базирования по БО на свободных поверхностях. В последнюю очередь применяется базирование по поверхностям для деталей с меньшей жесткостью, но имеющих измерительные базы. В случае недостаточной текущей жесткости или точности сборки изменим схему базирования, добавив технологические базы в местах наибольших отклонений.

Например, для рассмотренной ранее нервюры назначим измерительные базы на внешних поверхностях стоек (внешние конструкторские базы) и внешних поверхностях поясов (внешние конструкторские базы в одном пакете с поверхностью теоретического обвода). Получим следующие варианты базирования:

– по БО, совмещенным с отверстиями крепежа – четыре БО в местах сопряжения стенки с поясом и стойкой одновременно (рис. 6, *а*);

– по БО на свободных поверхностях деталей – невозможно (нет свободных поверхностей);

– по поверхностям измерительных баз – пояса и стойки по внешним поверхностям (поверхностям измерительных баз), а стенка – по СО к верхнему поясу (рис. 6, *б*).

Для последнего варианта фиксация выполняется прижимами к поверхностям баз приспособления. Усилия прижима условно показаны на рис. 6, *б* стрелками.

Анализ текущей жесткости с учетом деформаций собранной части изделия и сборочного приспособления выполним методом конечных элементов. Для этого воспользуемся одной из существующих программ конечно-элементного анализа твердых тел: Ansys, Nastran и др. Условия закрепления деталей определим по ограничениям степеней свободы на координатной модели. Данные для построения сетки конечных элементов возьмем из ЭМ изделия. С помощью экспертной системы определим усилия прижимов и статические эквиваленты технологических нагрузок при сверлении, клепке и др.

Результаты анализа отобразим на координатной модели в виде векторов отклонений базовых точек от номинального положения. Они будут учтены при выполнении размерного анализа.

При выполнении размерного анализа воспользуемся векторами отклонений, заданных на координатной модели. Векторы наибольших отклонений в каждой точке координатной модели отражают следующие характеристики:

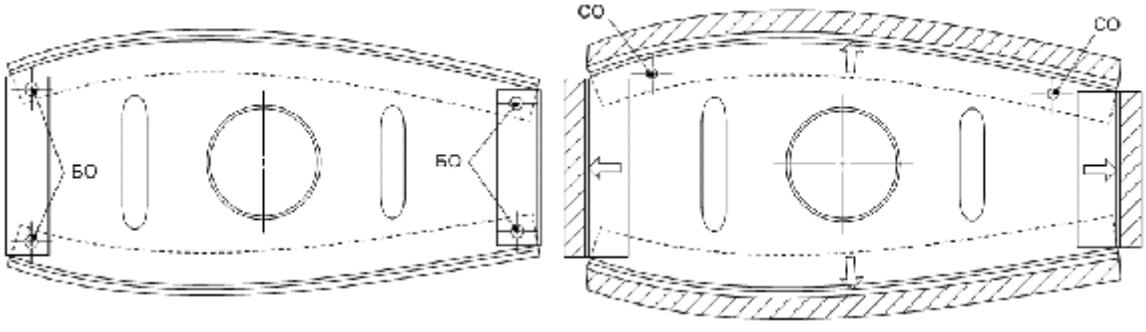
– точность изготовления деталей и сборочной оснастки;

– контактные отклонения и деформации;

– деформации деталей под действием собственного веса и технологических нагрузок.

Расчет по минимуму/максимуму выполним методом сложения векторов отклонений на каждой размерной цепи, определяющей взаимное положение пары измерительных баз. Такая размерная цепь определяется описанным выше способом. Для расчета по вероятностному методу введем по данным экспертной системы вероятностные коэффициенты для каждого вида отклонений.

На сборочной схеме базирования, обеспечивающей заданную точность сборки, назначим измерительные базы. При автоматизированном выполнении контроля измерительные базы представляют собой точки, располагающиеся на поверхностях и осях с повышенными требованиями к точности их расположения. Измерение координат всех точек должно выполняться за наименьшее число установов. Чтобы исследовать возможность подхода к каждой измерительной базе, воспользуемся век-



а *б*

Рис. 6. Способы базирования нервюры в приспособлении:
а – по БО, совмещенных с отверстиями крепежа; *б* – по поверхностям измерительных баз

торным методом, подобным методу определения собираемости изделия [3]. Для этого потребуются геометрические данные из ЭМ изделия, характеристики средства измерения из соответствующей базы данных и перечень поверхностей и осей с повышенными требованиями к точности их расположения из координатной модели.

В результате выполнения описанных выше этапов получим сборочную схему базирования, представленную в виде координатной модели изделия. Процесс ее разработки полностью формализован и использует данные ЭМ изделия из CAD-системы, связанные с ней данные из PDM-системы предприятия и данные экспертной системы.

Полученная схема базирования обеспечивает заданную точность сборки изделия и наибольшую возможную технологичность сборки в данных условиях производства. Она также определяет последовательность сборки изделия и компоновку сборочной оснастки. Координатная модель позволяет учесть расчётные отклонения сборочных и измерительных баз при изготовлении и монтаже сборочной оснастки, а также использовать координаты точек модели при разработке и выполнении автоматизированной сборки изделия.

Библиографический список

1. Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов [и др.]. М. : Аграф-пресс, 2006.

2. Ахатов, Р. Х. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства : учеб. пособие / Р. Х. Ахатов. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007.

3. Ахатов, Р. Х. Формализация анализа и выбора сборочных баз конструкции изделия с применением интегрированной системы управления данными об изделии / Р. Х. Ахатов, К. А. Однокурцев // Науч. вестн. Норил. индустриал. ин-та. 2007. № 1. С. 31–36.

4. Ахатов, Р. Х. Координатный подход к разработке схемы базирования при проектировании технологического процесса сборки / Р. Х. Ахатов, К. А. Однокурцев // Решетневские чтения : материалы XII Междунар. науч. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008. С. 253–255.

5. ГОСТ 21495–76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 1982.

R. Kh. Ahatov, K. A. Odnokurtsev

FORMALIZED METHOD OF ASSEMBLY DATUM SURFACES SELECTION AND ANALYSIS IN AIRCRAFT CONSTRUCTION

The research refers to the field of automation of aircraft assembly planning. The formalized method of assembly datum surfaces selection and analysis is founding on the coordinate model, which is an item of discrete information model.

Keywords: assembly, airframe, assembly datum surface, discrete model.

УДК 669.715/782

Г. Г. Крушенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Установлено влияние температуры нагрева на величину коэффициента линейного расширения алюминиево-кремниевых сплавов (5…40 %Si). Его величина определяет, насколько могут изменяться размеры литых деталей при эксплуатации в разных температурных режимах.

Ключевые слова: алюминиево-кремниевые сплавы, коэффициент линейного расширения, температурный режим.

Литейные алюминиево-кремниевые сплавы широко применяются в авиационно-космической отрасли для литья деталей сложной геометрии, работающих в условиях высоких эксплуатационных нагрузок. При этом одной из важных характеристик, определяющих надежную их эксплуатацию, является коэффициент линейного расширения (КЛР), который показывает относительное изменение длины тела при нагревании на температуру ΔT. Значение КЛР можно показать на примере алюминиевого трубопровода –изменение температуры от 293 К до 77 К приводит к изменению его длины на ~4 мм на каждый метр трубы (КЛР алюминия при температуре ~20 °С составляет $22{,}9 \cdot 10^{-6}$(1/град)).

КЛР определяли относительным методом при помощи дифференциального оптического дилатометра Шевенара на сплавах, содержащих 5; 7; 9; 11,4; 18; 25 и 40 % Si, отпрессованных из гранул алюминия А99 и кремния полупроводниковой чистоты.

В результате проведенного исследования было установлено, что по характеру изменения КЛР с нагревом

образцов, сплавы можно разделить на две группы: доэвтектические (до содержания кремния 11,4 %), КЛР которых растет при нагреве вплоть до 800 °С, затем уменьшается в области 400...425 °С, а при дальнейшем повышении температуры снова возрастает, и заэвтектические (выше 11,4 % Si), КЛР которых при нагреве до 300 °С повышается незначительно, а выше этой температуры растет резко, но в наименьшей степени для сплава Al-40 % Si.

Следует отметить, что характер изменения КЛР сплава Al-9 % Si выпадает из наблюдающейся закономерности КЛР с увеличением содержания кремния, по крайней мере, до области 350 °С, а при повышении температуры до 425 °С КЛР оказывается даже ниже, чем при 50 °С, и близок к величине КЛР заэвтектических сплавов при 315 °С. Для объяснения такого немонотонного изменения КЛР требуются дальнейшие исследования.

При изучении изменения КЛР с увеличением содержания кремния обнаружены минимумы при всех температурах нагрева в сплаве Al-9 % Si. Причем, в этой области концентраций даже при значительных температурах нагрева величина КЛР оказывается меньше, чем при низких.

Наблюдаемые отрицательные отклонения КЛР от аддитивных значений на температурных зависимостях могут служить признаком существования в этой области интерметаллического соединения, что совпадает с трактовкой [1] коэффициента термического расширения как связанного непосредственно с силами межатомного взаимодействия в твердом состоянии, низкие значения которого указывают на наличие значительных сил сцепления между атомами.

Высказанное с учетом анализа результатов измерений магнитной восприимчивости с (физической величины, характеризующей способность вещества намагничиваться в магнитном поле; $\chi = J/H$, где J – намагниченность единицы объема вещества, H – напряженность намагничивающего магнитного поля), на изотермах которых обнаруживаются минимумы в жидком и твердом состояниях [2], однозначно свидетельствуют о существовании при 9 % Si интерметаллического соединения.

Здесь обращается особое внимание на магнитную восприимчивость по той причине, что ее величина складывается из восприимчивости ионных остовов и электронного газа, и уменьшение ее величины свидетельствует об изменении энергетического состояния электронов при изменении характера взаимодействия элементов композиции – так, известно, что минимум на концентрационных зависимостях магнитной восприимчивости в твердом и жидком состояниях проявляется на ординатах, соответствующих присутствию химических соединений [3].

Следует обратить внимание и на минимум КЛР в области сплава Al-18 % Si, примерно совпадающий по концентрации с подобным отклонением на изотермах магнитной восприимчивости [2].

Полученная информация об изменении КЛР сплавов системы Al–Si имеет важное значение при выборе марки промышленных сплавов системы Al–Si в качестве достоверного критерия выбора составов для литья деталей, работающих в условиях эксплуатации, где требуется максимально возможное сохранение стабильных размеров литых деталей изделий машиностроения, особенно тех, которые работают в условиях повышенных температур.

Величина КЛР имеет основополагающее значение в случае необходимости изготовления с помощью сварки или пайки изделия из двух сопрягаемых сплавов разного состава с разными его значениями, а также при эксплуатации паяно-сварного узла в условиях изменения температуры, как в виде теплового удара, так и в цикле «нагрев « охлаждение». Неидентичность изменения размеров прочно сопрягаемых сплавов в этих случаях, как правило, приводит к возникновению в изделиях трещин и к их разрушению.

Библиографический список

1. Кинг, Х. У. Структура чистых металлов : пер. с англ. / Х. У. Кинг // Физическое металловедение. Вып. 1. Атомное строение металлов и сплавов. М. : Мир, 1967.

2. Кутвицкий, В. А. Магнитная восприимчивость сплавов систем Al–Si, Mg–Sn, Al–Cu и Al–Si в жидком и твердом состоянии / В. А. Кутвицкий, Г. Г. Крушенко // Физика. 1977. № 4. Реф. 4Е1341 Деп.

3. Вертман, А. А. Свойства расплавов железа / А. А. Вертман, А. М. Самарин. М. : Наука, 1969.

G. G. Krushenko

FOUNDATION OF THE LINEAR EXPANSION COEFFICIENT OF ALUMINUM-SILICON ALLOYS

The influence of the heat temperature on size of the linear expansion coefficient of aluminum-silicon alloys is established (5…40 % Si). This size determines how the casting dimensions can change during operation with different conditions of temperature.

Keywords: aluminum-silicon alloy, linear expansion coefficient, conditions of temperature.

УДК 620.17:66.14.018

Т. А. Богданова, А. А. Перебоева, Л. П. Третьякова, Н. В. Окладникова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ШТАМПОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Рассматривается влияние легирующих элементов на критические скорости охлаждения при закалке и формирование структуры и свойств в штамповых инструментальных сталях для горячего деформирования.

Ключевые слова: штамповые инструментальные стали, критическая скорость закалки, структура, свойства.

Штамповый инструмент для горячего деформирования работает в условиях динамических циклически изменяющихся нагрузок под воздействием высоких температур и удельных давлений [1; 2]. В наиболее сложных условиях эксплуатируется инструмент, применяемый для горячего прессования труднодеформируемых, высокопрочностных алюминиевых сплавов. При этом в деформирующем узле (пуансон, рассекатель, матрица) возникают высокие напряжения, уровень которых приближается к пределу упругости инструментальных штамповых сталей. Поэтому материал, применяемый для изготовления прессового инструмента, должен обладать высокими физико-механическими свойствами: быть высокопрочным, теплостойким, теплопроводным и износостойким. Кроме того, инструментальные стали, используемые для изготовления такого инструмента, должны хорошо обрабатываться резанием, шлифованием, иметь малую склонность к отпускной хрупкости и росту аустенитного зерна, быть устойчивыми к обезуглероживанию.

Исходя из условий работы штампового инструмента и требований к материалам для его изготовления, чаще всего применяют легированные инструментальные стали повышенной теплостойкости и вязкости [1–3]. К таким материалам относятся среднеуглеродистые стали с карбидным упрочнением 4Х5МФС(Ш), 4Х5МФ1С(Ш), 3Х3М3Ф(Ш). Пониженное суммарное, около 7 %, содержание карбидообразующих элементов и углерода от 0,22 до 0,44 % обеспечивает получение в данных сталях структур с низкой карбидной неоднородностью. Это выгодно отличает названные материалы от быстрорежущих сталей, где суммарное содержание карбидообразующих элементов может достигать более 20 %, а концентрация углерода до 1,5 %. Однако сталь 3Х3М3Ф после упрочняющей термической обработки часто имеет более высокую структурную полосчатость, чем стали 4Х5МФС и 4Х5МФ1С, и пониженный уровень ударной вязкости. Это, видимо, связано с повышенным содержанием в данной стали устойчивых труднорастворимых в аустените карбидов молибдена и ванадия.

Требуемые свойства прессового инструмента HRC 44...51, KCU = 30...45Дж/см^2 обеспечиваются структурой троостита с карбидной неоднородностью не более 4 балла по шкале 5 ГОСТ 801 [4; 5]. Такая структура получается при строгом соблюдении параметров как предварительной термической обработки (ПТО) заготовок [5], так и окончательной термообработки (ОТО), которая является упрочняющей. Данное исследование направлено на изучение изменений структуры и свойств сталей при ОТО, формирующей эксплуатационные характеристики штампового инструмента, а также определение причин получения низкой ударной вязкости в стали 3Х3М3Ф. ОТО включает закалку на мартенсит из области «аустенит + карбиды» и двойного или тройного отпуска. Для обеспечения требуемых свойств инструмента балл зерна аустенита после ОТО должен быть ≥ № 8 (ГОСТ 5939) и сопоставим с его размером в заготовках после ПТО. С целью определения структурных изменений при ОТО и влияния на них легирующих элементов, в работе проведен анализ диаграмм распада аустенита и влияние на них легирующих элементов, содержащихся в исследуемых сталях.

В данных сталях легирующие элементы, ванадий и молибден, образуют устойчивые к растворению при нагреве карбиды типа Me_3C, MeC, а наличие хрома позволяет получить карбиды, которые растворяются при высокотемпературном нагреве под закалку. Сопоставление справочных сведений по изотермическим диаграммам распада аустенита (С-кривые) сталей [3] позволило проследить влияние повышенного содержания ванадия и молибдена на кинетику распада аустенита, нагретого до области «аустенит + карбиды». В стали 3Х3М3Ф(Ш) концентрация молибдена почти в 2 раза, а ванадия в примерно в 1,2 раза больше, чем в 4Х5МФС. Повышенное содержание этих карбидообразующих элементов смещает С-кривые вправо и в область более низких температур (табл. 1). Из приведенных параметров следует, что для стали 4Х5МФС по сравнению со сталью 3Х3М3Ф время минимальной устойчивости аустенита при перлитном превращении увеличилось в 4,4 раза, а бейнитном в 16,6 раза. Кроме того, следует отметить, что перлитное и бейнитное превращения разделены по температуре, и в исследуемых сталях этот температурный интервал составляет 50...70 °С.

Анализ С-кривых позволяет говорить о том, что сталь 3Х3М3Ф при закалке должна охлаждаться значительно интенсивнее, чем две другие стали. При одинаковых условиях охлаждения в структуре этой стали, предположительно, образуются продукты бейнитного превращения. Для подтверждения были рассчитаны критические скорости закалки (табл. 2). Расчет критических скоростей охлаждения ($V_{кр}$) выполнялся по формуле

$$V_{кр} = \frac{A_{r1} - t_{min}}{1,5 \cdot \tau_{min}},$$

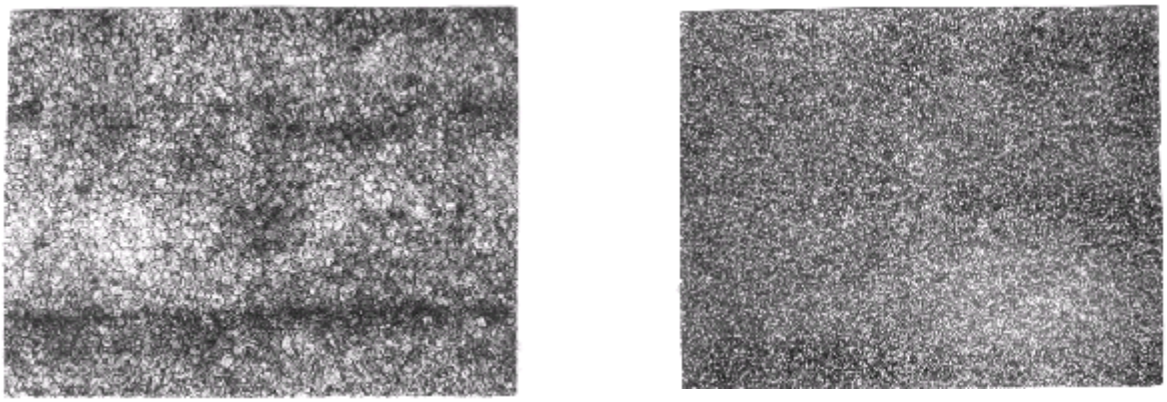
где A_{r1} – температура эвтектоидного превращения при охлаждении, °С; t_{min} – температура минимальной устойчивости аустенита в области бейнитного распада, °С;

τ_{min} – время минимальной устойчивости аустенита в температурном интервале бейнитного распада, с.

Представленные расчетные данные критической скорости закалки и выбранные по справочнику среды закалки показали, что для стали 3Х3М3Ф скорость охлаждения на порядок выше и составляет 4,95 °С/с. Для сталей 4Х5МФС и 4Х5МФ1С она соответственно равна 0,31 и 0,41 °С/с, такие скорости охлаждения могут быть обеспечены как при охлаждении на воздухе, так и в масло. Для стали 3Х3М3Ф требуемая скорость охлаждения гарантируется только закалкой в масло. Однако в производственных условиях закалка исследуемых сталей выполняется в одну среду – масло. Это связано с необходимостью получения повышенной глубины закаленного слоя и унифицированием процессов термической обработки. При этом необходимо помнить, что повышенные скорости охлаждения приводят к образованию высоких остаточных напряжений, которые повышают склонность к короблению и деформации изделий.

Термическая обработка исследуемых сталей проводилась по традиционной технологии с закалкой в масло и последующим отпуском. При проведении исследований в опытно-промышленных условиях ОТО состояла из закалки (T = 1 010...1 030 ° С, выдержка – 2,0...2,5 ч, охлаждение в масло) и двукратного отпуска (T = 580...620 °С). Двукратный отпуск приводит к снижению закалочных напряжений и содержания остаточного аустенита в структуре. При этом протекают процессы карбидного упрочнения и частичной сфероидизации карбидов. Количество проводимых отпусков после закалки на отечественных заводах обычно равно двум, на зарубежных, как правило, трем. Проведение двух- или трехкратного отпуска после закалки в интервале температур 560...580 °С с выдержкой 2,0 ч приводит к образованию тонкодисперсной структуры троостита с равномерным распределением карбидов. Данная структура обеспечивает необходимый комплекс свойств инструмента. При массовом производстве прессового инструмента не исключается возможность совмещения второго отпуска после закалки с азотированием (энергосберегающие технологии термической обработки).

Полученные структуры после ОТО (см. рисунок) подтвердили предположение о возможном частичном распаде аустенита по бейнитному механизму или о выделении карбидов по границам бывших аустенитных зерен в стали 3Х3М3Ф. В структуре этой стали четко выявляются декорированные выделениями границы бывших аустенитных зерен (см. рисунок, *а*), в то время как в сталях 4Х5МФ1С и 4Х5МФС наблюдается однородная зернистая микроструктура троостита отпуска (см. рисунок, *б*). Различие в структуре закаленных сталей связано с более



а *б*

Микроструктуры штамповых сталей марок: *а* – 3Х3М3Ф; *б* – 4Х5МФС после закалки

Таблица 1

Параметры устойчивости переохлажденного аустенита и температура начала мартенситного превращения в инструментальных сталях

Суммарное содержание Mo и V, %	Марка стали	Параметры минимальной устойчивости аустенита при распаде				Температура начала мартенситного превращения, °С
		перлитном		бейнитном		
		t_{1min}, °С	τ_{1min}, с	t_{2min}, °С	τ_{2min}, с	
1,5...2,0	4Х5МФС	660	3000	270	1500	270
2,0...2,6	4Х5МФ1С	680	2500	330	1050	340
2,9...3,6	3Х3М3Ф	700	680	315	90	340

Таблица 2

Критические скорости закалки и возможные среды охлаждения

Марка стали	Температура критической точки A_{r1}, °С	Скорость закалки, °С/с	Среда закалки	
			справочная	традиционная технология
4Х5МФС	735	0,31	воздух	масло
4Х5МФ1С	760	0,41	воздух	масло
3Х3М3Ф	760	4,95	масло	масло

высокой концентрацией в стали 3Х3М3Ф элементов, образующих устойчивые к растворению при температуре нагрева под закалку карбиды.

Анализ механических свойств показал, что в стали 3Х3М3Ф ударная вязкость понижена и составляет 12,5...16,8 Дж/см^2 по сравнению со сталями 4Х5МФС и 4Х5МФ1С, в которых эта характеристика равна 42,5...44,3 и 38,7...40,7 Дж/см^2 соответственно. Известно [2], что снижению ударной вязкости способствует образование структуры верхнего бейнита и присутствие карбидов в виде сетки, образовавшейся по границам бывших аустенитных зерен. Следовательно, для стали 3Х3М3Ф масло не является средой, которая позволяет подавить образование тонкой пленки карбидов по границам зерен.

Представленные исследования позволяют сделать вывод о том, что стали с пониженным содержанием карбидообразующих элементов более технологичны при упрочняющей термической обработке. Кроме того, применение более мягкого охлаждения при закалке инструмента из сталей 4Х5МФ1С и 4Х5МФС обеспечивает сниженный уровень закалочных напряжений по сравнению со сталью 3Х3М3Ф, что также приводит к повышению ударной вязкости после упрочняющей ОТО.

На основании проведенного анализа диаграмм распада аустенита для сталей 3Х3М3Ф, 4Х5МФ1С и 4Х5МФС, исследований структуры и свойств инструмента после ОТО в опытно-промышленных условиях можно рекомендовать разграниченное использование материалов. Прессовые матрицы сложной конструкции, имеющие как тонкие консольные элементы, так и массивные необходимо изготавливать из сталей марок 4Х5МФ1С и 4Х5МФС, имеющих повышенную прокаливаемость, технологичность и обрабатываемость резанием. Инструмент без резких переходов от одного сечения детали к другому (прошивные иглы, матрицы – вставки, матрицы литейных машин), работающий также при высоких температурах, рекомендуется изготавливать из стали марки 3Х3М3Ф.

Таким образом, показано, что для сталей 4Х5МФС, 4Х5МФ1С, 3Х3М3Ф повышенное содержание легирующих элементов, образующих карбиды, устойчивые к растворению при аустенизации, повышают критическую скорость закалки. Рекомендовано применять сталь 3Х3М3Ф для изготовления инструмента, не имеющего резких переходов от одного сечения к другому.

Библиографический список

1. Башнин, Ю. А. Технология термической обработки / Ю. А. Башнин, Б. К. Ушаков, А. Г. Секей. М. : Металлургия, 1986.

2. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. М. : Металлургия, 1975.

3. Инструментальные стали : справ. / Л. А. Позняк [и др.]. М. : Металлургия, 1977.

4. Перебоева, А. А. / А. А. Перебоева, Г. П. Усынина, Н. В. Окладникова [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. 1999. № 3. С. 41–44.

5. Разработка технологии получения поковок из инструментальных сталей для прессовых матриц / Т. А. Богданова, Л. П. Третьякова, В. С. Бирон [и др.] // Вестник СибГАУ. Вып. 2 (19). Красноярск, 2008. С. 156–159.

T. A. Bogdanova, A. A. Pereboeva, L. P. Tretyakova, N. V. Okladnikova

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE DIE TOOL STEEL

The influence of alloying elements on the critical cooling speed during quenching and forming the structure and properties of die tool steels for hot deformation is studied.

Keywords: die tool steels, critical cooling speed during quenching, structure, properties.

УДК 621.9.048

Т. А. Веретнова, И. Я. Шестаков, А. В. Цуканов, А. А. Ковалева, И. А. Ремизов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УДЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ РЕЗКЕ МЕТАЛЛА

Предложен способ усовершенствования электроконтактной резки с целью снижения удельных затрат энергии, позволяющий влиять на технологические показатели процесса резки за счет регулирования температуры в зоне реза при соблюдении рекомендуемых режимов обработки.

Ключевые слова: электроконтактная резка, регулирование температуры, режимы обработки.

Электроконтактное резание – вид обработки, при котором на заготовку оказывается одновременно электрическое, тепловое и механическое воздействие путем непосредственного контакта вращающегося инструмента с заготовкой при подводе в зону контакта электрического тока большой плотности.

Несомненным достоинством электроконтактного метода резки является его простота при высокой скорости съема металла и меньшем, по сравнению с другими методами, удельном расходе электроэнергии. Этот метод может осуществляться в широком диапазоне подач.

Использование потенциальных возможностей электроконтактного метода обработки требует решения комплекса задач по выявлению закономерностей протекания теплообменных составляющих процесса и установления связи между этими процессами и технологическими показателями обработки.

Особенности теплообменных процессов при электроконтактной резке металлов. Основным фактором, влияющим на стойкость электрода-инструмента, при электроконтактной резке (далее – ЭКР) является температура его кромки (периферийная часть) режущей части, поэтому вопрос о возникновении и распределении теплоты при резании металлов имеет первостепенное значение.

Для исследования теплообменных процессов при электроконтактной резке исследуемых образцов принимаем следующие условия:

1. Решение задачи нагрева и плавления металла при ЭКР оплавлением упрощается, если все дуговые разряды, контактные перемычки, возникающие в электродном промежутке, рассматривать как быстродвижущийся источник тепла и применять известную методику расчета тепловых процессов, разработанную академиком Н. Н. Рыкалиным.

2. Зона резания представляет собой систему тепловыделения и теплоотвода.

3. В системе участвуют источники теплоты и теплоотводящие объекты: обрабатываемая деталь, электрод-инструмент и окружающее воздушное пространство.

4. При данной схеме обработки считаем, что источник тепла является точечным.

Экспериментально установлено, что большая часть энергии разрядов при электроконтактной резке в процессе съема металла, преобразуемая в тепловую, расходуется на нагрев диспергируемого металла и электродов. Затраты энергии на нагрев диспергируемого металла и плавление его являются полезным расходом энергии, поскольку съем металла при электроконтактной обработке осуществляется в жидком состоянии [1].

Тепловыделение в зоне резания происходит из-за повышенного электрического сопротивления зоны контакта и трения между инструментом и заготовкой, теплоотвод – в основном за счет теплопроводности.

Доля теплоты, отводимая в результате теплообмена, зависит от материала электрода-инструмента, режима и условий обработки. Ориентировочные значения отводимой теплоты следующие: удаляемым металлом отводится 25...85 % выделившейся теплоты, заготовкой – 10...50 %, а электродом-инструментом – 2...8 % [2].

Температура нагрева заготовки и электрода-инструмента определяется на основании теплового баланса:

$$Q_д = Q_р + Q_з + Q_и + Q_в, \qquad (1)$$

где $Q_д$ – тепловая энергия дуговых разрядов, Дж; $Q_р$ – тепло, израсходованное на нагрев расплавленного металла, Дж; $Q_з$ – тепловые потери в заготовке, Дж; $Q_и$ – тепловые потери в электроде-инструменте, Дж; $Q_в$ – потери на нагрев воздуха и теплоизлучение, Дж.

Левая часть теплового баланса отражает процесс тепловыделения, а правая, в свою очередь, процесс теплоотвода.

Все вышеперечисленные теплоты определяются по известным формулам.

Тепловую энергию дуговых разрядов можно рассчитать по закону Джоуля–Ленца:

$$Q_д = \eta_и \cdot U \cdot I, \qquad (2)$$

где $\eta_и$ – эффективный КПД процесса нагрева изделия дугой; U – напряжение дуги, В; I – сила тока, А.

Тепло, идущее на плавление металла

$$Q_р = m[(T_{пл} - T_0)c + r_ж] = mq_ж, \qquad (3)$$

где $r_ж$ – теплота плавления жидкого металла, Дж; $q_ж$ – энтальпия жидкого металла при температуре плавления, Дж/м; m – масса расплавленного металла, кг.

В основу тепловых расчетов нагрева заготовки электрода-инструмента положено дифференциальное уравнение теплопроводности, связывающее скорость изменения температуры во времени в исследуемой точке с температурой в окрестностях:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right), \qquad (4)$$

где T – температура в точке (x, y, z), К; c – теплоемкость, Дж/м^3·К; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К; ρ – плотность, кг/м^3.

Решение дифференциального уравнения при условии, что мощный быстродвижущийся источник тепла – это дуговые разряды в эрозионном промежутке, дает следующую формулу для определения температуры в зоне реза при обработке плоской заготовки [1]:

$$T = \frac{q}{\upsilon_з \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi \cdot \lambda \cdot C_\gamma \cdot t}} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{4a \cdot t} - b \cdot t\right), \qquad (5)$$

где q – мощность теплового потока, Вт; $\upsilon_з$ – скорость подачи заготовки, см/с; δ – толщина плоской заготовки, см; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/см · К; C_γ – объемная теплоемкость Дж/см^3 · К; a – коэффициент температуропроводности, см^2/с; b – коэффициент температуроотдачи, 1/с; y – глубина распространения тепла, см; t – время, отсчитываемое с момента пересечения быстродвижущегося источника тепла исследуемой плоскости.

Из формулы (5) следует, что можно регулировать температуру в зоне реза путем изменения подачи электрод-инструмента, а также решать обратную задачу: задаваясь температурой в зоне реза, определять подачу электрод-инструмента, а значит, и влиять на основные технологические показатели процесса электроконтактной резки.

Технологические показатели. Основными технологическими показателями, характеризующими процессы электроконтактной обработки, являются следующие:

– производительность или скорость съема металла с обрабатываемой детали в единицу времени, мм^3/мин или кг/ч;

– удельный расход электроэнергии, кВт · ч/кг;

– качество обработанной поверхности (шероховатость поверхности, глубина измененного слоя, подвергшегося

термическому воздействию, наличие микротрещин на обработанной поверхности) [3].

Наиболее важный технологический показатель электроконтактной резки – это удельный расход электроэнергии, поэтому цель проводимых исследований – снижение удельных энергозатрат.

Анализ литературы [1; 4] показал, что удельные энергозатраты при электроконтактной резке стальных заготовок составляют 1...2 кВт·ч на 1 кг снятого металла.

Теоретически определить удельные энергозатраты можно несколькими способами. Для расчета удельных энергозатрат необходимо знать значение теплоемкости в интервале температур и изменение температуры. Определить удельные энергозатраты можно, интегрируя уравнение теплоемкости [5] в диапазоне температур правомочности его использования:

$$C_p = \left(x + \frac{yT}{10^3} + \frac{z \cdot 10^{-5}}{T^3} \right) \cdot \frac{4{,}187}{\mu}, \qquad (6)$$

где x, y, z – коэффициенты уравнения теплоемкости, $x = 3{,}04$, $y = 7{,}58$, $z = 0{,}6$; μ – молекулярная масса, кг/моль.

Так, например, для железа этот интервал составляет 298...1 033 К. Получим удельные энергозатраты 0,15 кВт·ч/кг.

В то же время оценить удельные энергозатраты можно следующим образом: поскольку обработке подвергаются детали из конструкционной стали, возможно использование графика температурной зависимости теплоемкости Fe вблизи ферромагнитного перехода [6]. При экстраполяции линий графика, получим температурную зависимость теплоемкости Fe в диапазоне температур от температуры окружающей среды до температуры плавления. Интегрируя уравнения линий тренда графика, получим общие энергозатраты до точки плавления:

$$q_{\text{общ}} = 0{,}21 \text{ кВт·ч/кг}.$$

Кроме того, для углеродистой стали значение удельных энергозатрат можно определить по выражению [7]

$$q = c \cdot T_{\text{с}} + C_{\text{ж}} \cdot (T_{\text{л}} - T_{\text{с}}), \qquad (7)$$

где c – удельная теплоемкость твердой стали в диапазоне 0….1 500 °С, $c = 0{,}58$ кДж/(кг·К); $T_{\text{с}}$ – температура стали на линии солидус (начало плавления); $C_{\text{ж}}$ – удельная теплоемкость жидкой стали, $C_{\text{ж}} = 0{,}837$ кДж/(кг·К); $T_{\text{л}}$ – температура стали на линии ликвидус [8].

Для среднеуглеродистой стали (Ст3) по диаграмме Fe–C $T_{\text{л}} = 1\,535$ °С, $T_{\text{с}} = 1\,500$ °С. После подстановки данных получается: $q = 0{,}3$ кВт·ч/кг.

Таким образом, реальные энергозатраты превышают расчетные значения энергозатрат в 5...10 раз, что говорит о необходимости совершенствования метода ЭКР.

При электроконтакной обработке (резке) металл в зоне контакта режущего инструмента (диска) и заготовки может находиться в расплавленном или пластичном состоянии [9], т. е. обработка металла может осуществляться как при температуре плавления в зоне контакта режущего диска и заготовки, так и при температуре рекристаллизации, определяемой по выражению [10]

$$T_{\text{р}} = 0{,}5...0{,}6\ T_{\text{пл}}, \qquad (8)$$

где $T_{\text{р}}$ – температура рекристаллизации металла; $T_{\text{пл}}$ – температура плавления металла.

Резка при температуре рекристаллизации позволить значительно снизить удельные энергозатраты. Тогда удельные энергозатраты для углеродистой стали можно рассчитать по формуле

$$q = c \cdot T_{\text{р}}, \qquad (9)$$

где c – удельная теплоемкость твердой стали в диапазоне от 0 °С до $T_{\text{р}}$; $T_{\text{р}}$ – температура рекристаллизации металла.

При сравнении формул (7) и (9) получается, что теоретические удельные энергозатраты должны уменьшиться в 1,5...2 раза. Если процесс ЭКР проводить при температуре рекристаллизации материала заготовки, выражение (5) позволяет оценить скорость движения температурного фронта в заготовке.

При равенстве подачи дискового электрод-инструмента со скоростью движения теплового фронта, ограниченного температурой рекристаллизации материала заготовки, можно ожидать снижение удельных энергозатрат.

Из выражения (5), пренебрегая множителем $\exp(-(y^2/4at) - bt)$, поскольку это выражение при расчетах близко к единице, получаем зависимость подачи дискового электрод-инструмента от технологических параметров обработки и теплофизических свойств обрабатываемого металла заготовки:

$$V_{\text{П}} = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{T_{\text{р}} \delta \sqrt{\pi \cdot \lambda \cdot c \cdot \rho \cdot t}}, \qquad (10)$$

где I – сила тока, А; U – напряжение, В; К – КПД установки; $T_{\text{р}}$ – температура рекристаллизации металла или сплава, К; δ – толщина заготовки, м; λ – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/м · К; c – теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/кг · К; ρ – плотность обрабатываемого материала, кг/м^3; t – время от начала действия источника тепла до нагрева выбранной точки обрабатываемой заготовки до температуры рекристаллизации, с.

Описание эксперимента. К обрабатываемой заготовке и обрабатывающему инструменту в виде металлического диска диаметром 150 мм и толщиной 1,0 мм через токоприемник подается ток I с рабочим напряжением U. Обрабатывающий инструмент вращается с угловой скоростью 1 500 об/мин и одновременно подается на обрабатываемую заготовку со скоростью подачи $V_{\text{П}}$, определяемой по выражению (10). Схема устройства для ЭКР представлена на рис. 1.

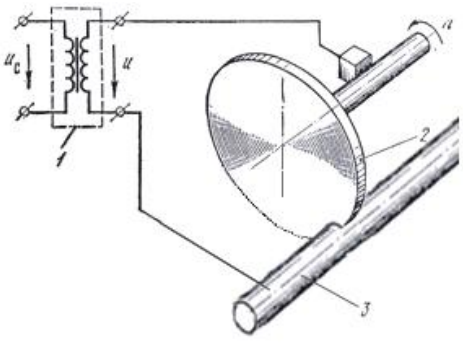


Рис. 1. Схема устройства для ЭКР: *1* – трансформатор; *2* – диск; *3* – обрабатываемая заготовка; $U_{\text{с}}$ – напряжение сети; U – пониженное напряжение; $v_{\text{ин}}$ – подача электрод-инструмента

Для проведения экспериментальных исследований использовались образцы в виде полой трубы из стали, сплава алюминия и меди.

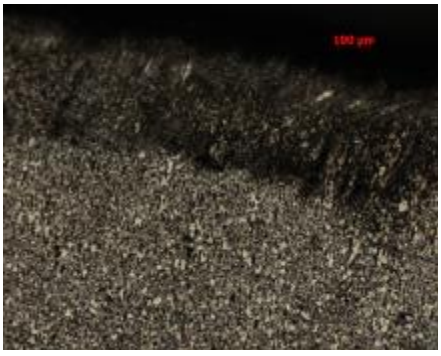
Обработка проводилась в воздушной среде без применения дополнительных жидких или газообразных сред.

Экспериментальная установка сконструирована на базе ручной шлифовальной машины модели ИП-2020. КПД установки 0,7 [11].

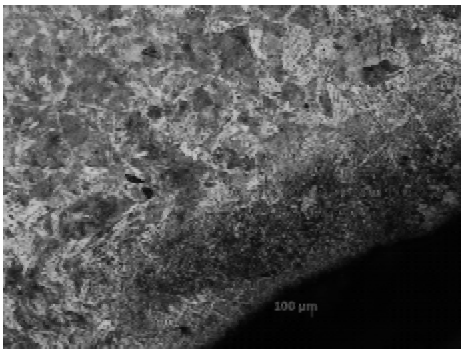
Дисковый электрод-инструмент изготовлен из низкоуглеродистой стали.

Геометрические и теплофизические характеристики исследуемых образцов и электрические параметры резки представлены в табл. 1.

Металлографический анализ. В процессе ЭКР на деталь оказывается термическое влияние, вследствие которого в поверхностном слое возникают структурные изменения, приводящие к изменению механических свойств поверхностного слоя обрабатываемой детали. Металлографический анализ исследуемых стальных образцов показал, что перепад температур по сечению образца определяет структурные изменения в нем (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Структура стальных труб:
а – I = 40 А; *б* – I = 65 А

Нигде по сечению трубы нет дендридной структуры, т. е. оплавления при данных режимах обработки не происходит. Имеет место разогрев выше критических температур фазовых превращений, о чем свидетельствует изменение структуры по сечению трубы.

На поверхности, где происходит наиболее сильный разогрев, наблюдается ярко выраженная мелкодисперсная структура.

Затем структурные изменения происходят при меньшем перепаде температур – наблюдается зона пластинчатой структуры, что можно связывать с закалкой, происходящей во время реза.

Это подтверждают и результаты исследования твердости по сечению трубы (образца). К середине, если рассматривать стенку по толщине, твердость падает (т. е. термическое влияние минимально), а затем, к краю, снова растет.

Анализ алюминиевых образцов показал, что резка трубы из алюминиевого сплава при токе I = 19 А приводит к отслоению верхнего слоя. Частички металла как бы прилипают к поверхности, образуя неровную «корочку».

Внутри труба имеет мелкозернистое строение. Однако еще более мелкое зерно имеет труба на внешней и внутренней поверхности.

Эта мелкозернистость на поверхности трубы сохраняется при увеличении силы тока при резке от 19 до 65 А. Однако увеличение силы тока позволяет температуре (выше пластических точек) нагревать трубу на большие расстояния и сохранять ее более длительное время, что позволяет зерну расти при резке и охлаждении до комнатной температуры.

Более глубокое металлографическое исследование структуры показало, что в поперечном сечении трубы наблюдаются 3 зоны. Первая (ближе к краю) и третья (центральная) зоны мелкозернистые, образуют дисперсную «корочку» на поверхности за счет отвода тепла вглубь металла и во внешнюю среду (воздух). Это приводит к ускоренному охлаждению и, как следствие, получению мелкозернистой структуры. Такое распределение структуры связано с температурным градиентом по сечению трубы, независимо от силы тока, подаваемой при резке. Также наличие этих зон наблюдается при изучении продольного разреза трубы, т. е. в зоне контакта с режущим инструментом.

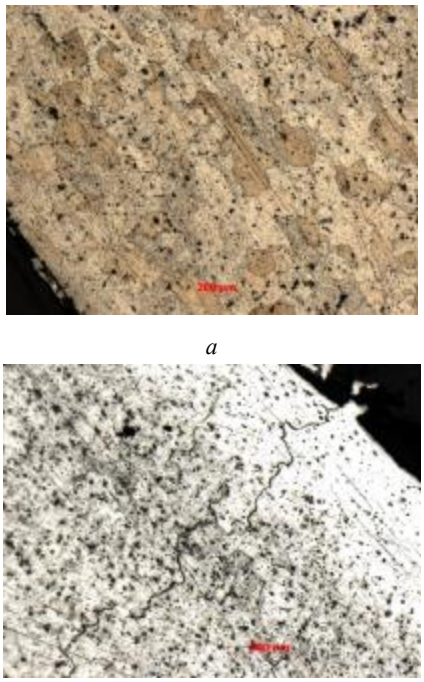
Интересно отметить, что увеличение сечения трубы приводит к образованию микро- и макротрещин от поверхности к сердцевине трубы (вероятно, это связано с большим перепадом внутренних температур, возникаю-

Таблица 1

Характеристики исследуемых образцов

Образцы	Геометрические размеры образцов		Теплофизические параметры образцов			Электрические параметры резки	
	Ø, мм	δ, мм	λ, Вт/(м·К)	ρ, кг/м^3	с, кДж/(кг·К)	I, А	U, В
Сталь (Ст3)	24,0	1,7	37,1	7 800	0,591	40	35
						65	35
Алюминиевый сплав (D16)	55,0	2,5	238	2 698	0,896	19	26
						32	25
Медь (М1)	8,45	1,9	398	8 690	0,386	19	21
						32	21

щих при резке в металле) и возникновению, в связи с этим, больших внутренних напряжений. С учетом вышесказанного делаем вывод, что наиболее приемлемым током при ЭКР для алюминиевых труб является 19 А и 32 А (рис. 3).



а

б

Рис. 3. Труба алюминиевая (продольный разрез): *а* – *I* = 19 А; *б* – *I* = 32 А

Увеличение силы тока до 50 А способствует развитию трещин, что негативно сказывается на качестве заготовок (рис. 4).

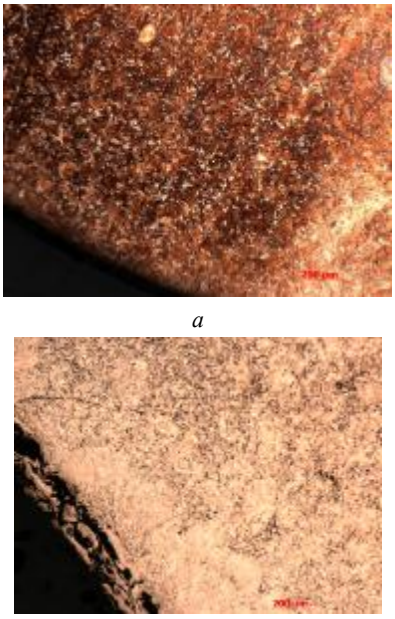
Рис. 4. Труба алюминиевая (продольный разрез): *I* = 50 А

При исследовании твердости были получены аналогичные результаты для стальных труб.

При металлографическом исследовании медных образцов наблюдается то же строение, что и у алюминиевых. Однако за счет теплопроводности рост зерен происходит быстрее и глубина измененных слоев больше, чем у алюминиевых труб. Поверхностные отделения размягченного слоя показаны на рис. 5. Кусочки металла как бы приклеены к поверхности трубы. Они не образуют сплошности и имеют пустые пространства.

Наилучшая структура была получена также при токах 19 А и 32 А.

Таким образом, металлографический анализ подтверждает, что температура в зоне реза при *I* = 19 А и *I* = 32 А равна температуре рекристаллизации, что достигается изменением подачи электрода-инструмента.



а

б

Рис. 5. Труба медная (продольный разрез): *а* – *I* = 19 А; *б* – *I* = 32 А

Оптимизация процесса резки связана с уменьшением удельных энергозатрат, согласования параметров электрической цепи, режимов резания, обеспечения максимальной производительности и высоких значений коэффициентов полезного действия. В настоящее время электроконтактная обработка изделий проходит при температуре плавления в зоне контакта электрода-инструмента и заготовки.

В процессе исследования были получены результаты (термический и металлографический анализы), подтверждающие, что при резке стальных, алюминиевых и медных труб при соблюдении рекомендуемых режимов резки, металл в зоне контакта с режущим инструментом нагревается до температуры рекристаллизации. Это позволяет снизить удельные энергозатраты и улучшить качество обработки, т. е. тем самым повысить эффективность электроконтактной обработки (табл. 2).

Реальные удельные затраты энергии при электроконтактной резке превышают расчетные значения в 5...10 раз. Уменьшая температуру в зоне реза путем согласования технологических режимов процесса и теплофизических параметров обрабатываемого металла удельные энергозатраты снижаются в 2...3 раза, что подтверждено экспериментально.

Библиографический список

1. Витлин, В. Б. Электрофизические методы обработки в металлургическом производстве / В. Б. Витлин, А. С. Давыдов. М. : Металлургия, 1979.

2. Беспрозванный, И. М. Основы теории резания металлов / И. М. Беспрозванный. М. : Машгиз, 1948.

3. Вишницкий, А. Л. Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов / А. Л. Вишницкий, И. З. Ясногорский, И. П. Григорчук. Л. : Машиностроение, 1971.

4. Дальский, А. Г Машиностроение энциклопедия. Технология изготовления деталей машин. Т III-3 / А. Г Дальский, А. М. Суслов, Ю. Ф. Назаров [и др.] ; под общ. ред А. Г. Суслова. М. : Машиностроение. 2000.

5. Гончаров, С. А. Термодинамика : учебник / С. А. Гончаров. 2-е изд., стер. М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2002.

6. Таблицы физических величин : справ. / под ред. И. К. Кикоина. М. : Атомиздат, 1976.

7. Мастрюков, Б. С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей : в 2 т. Т. 2. Расчеты металлургических печей / Б. С. Мастрюков. М. : Металлургия, 1986.

8. Терехин, Н. А. Испытания ручной пневматической машины электроконтактной резки / Н. А. Терехин, И. Я. Шестаков, В. Н. Миленин, А. В. Цуканов // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. ; под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 4. Красноярск, 2003. С. 404.

9. Лившиц, А. Л. Электроимпульсная обработка металлов / А. Л. Лившиц, А. Т. Кравец, И. С. Рогачев, А. Б. Сосенко. М. : Машиностроение, 1967.

10. Евстратов, В. А. Теория обработки металлов и сплавов / В. А. Евстратов. Харьков : Вища шк. : Изд-во при Харьк. ун-те, 1981.

11. Пат. на полезную модель № 32019. Ручная отрезная машина / Шестаков И. Я., Душкин В. И., Миленин В. Н., Терехин Н. А., Цуканов А. В. Опубл. 10.09.2003.

Таблица 2

Удельные энергозатраты при рекомендуемых режимах обработки

Материал исследуемых образцов	Удельные энергозатраты	Рекомендуемые режимы обработки		
		сила тока	напряжение	подача
		I, А	*U*, В	v, см/с
Сталь (Ст3) $Ø_{нар}$ = 24,0 мм $Ø_{вн}$ = 20,6 мм	0,2...0,4 кВт·ч/кг	40	32	3,39
		65	35	5,09
Алюминиевый сплав (Д16) $Ø_{нар}$ = 55,0 мм $Ø_{вн}$ = 50,0 мм	0,3...0,4 кВт·ч/кг	19	17	1,01
		32	18	1,46
Медь (М1) $Ø_{нар}$ = 8,45 мм $Ø_{вн}$ = 4,65 мм	0,3...0,37 кВт·ч/кг	19	18	0,53
		32	21	0,79

T. A. Veretnova, I. Ya. Shestakov, A. V. Cukanov, A. A. Kovaleva, I. A. Remizov

INVESTIGATION OF HEAT EXCHANGE EFFECTION ON THE SPECIFIC OUTLAY WHEN ELECTRO CONTACT METAL CUTTING

The improvement method of electro contact cutting to lower specific outlay has been offered. It has been shown that we can effect on the technological indexes of the cutting process at the expense of temperature regulation in the cutting zone, the disc electrode-instrument giving at heating front movement is allowed to bring down the specific outlay taking into account treatment conditions.

Keywords: electro contact cutting, temperature regulation, treatment conditions.

УДК 621.791.72

В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев, Н. Н. Горяшин, А. Т. Лелеков

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ЛУЧА ОТНОСИТЕЛЬНО СТЫКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ[1]

Рассматривается аналитическое описание процессов изменения тормозного рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка свариваемых деталей при электронно-лучевой сварке. Математические модели используются для синтеза систем автоматического направления луча.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, рентгеновское излучение, математическое ожидание положения луча, плотность распределения электронов.

Вопросы обеспечения точного позиционирования луча по стыку свариваемых деталей при электронно-лучевой сварке (ЭЛС) остаются актуальными при сварке протяженных стыков. В качестве источника информации о положении луча относительно стыка можно использовать тормозное рентгеновское излучение, сопутствующее процессу. Рентгеновское излучение (РИ) из зоны сварки, обладающее очевидной информационной насыщенностью, оказывается малоизученным с точки зрения применения его для управления формированием сварного шва. При этом, по сравнению с другими сопутствующими ЭЛС явлениями, РИ наиболее тесно и однозначно связано с процессами в канале проплавления и наименее подвержено влиянию различных дестабилизирующих факторов.

Информацию о положении электронного луча относительно стыка свариваемых соединений в процессе ЭЛС можно получить как из канала проплавления, так и в непосредственной близости от него. Последнее может быть реализовано, например, кратковременным выводом луча из канала, осуществлением измерительных операций и возвращением луча в зону сварки [1]. Очевидно, время вывода должно быть таким, чтобы не произошло заметных изменений в сварочной ванне. В связи с этим рассматривается возможность получения информации при отсутствии оплавления.

Интенсивность РИ определяется выражением [2]

$$J = K \cdot C \cdot U^2 \cdot Z \cdot I, \qquad (1)$$

где K – коэффициент, учитывающий долю рентгеновского излучения, прошедшего через площадь кристалла датчика [3]; C – коэффициент пропорциональности; U – ускоряющее напряжение; I – ток луча; Z – атомный номер мишени – свариваемых деталей.

Плотность тока в пучке электронов неодинакова по его сечению и носит вероятностный характер (рис. 1). В практике ЭЛС часто свариваются разнородные материалы, разнотолщинные детали, а конструкционные элементы и погрешности сборки соединения могут оказывать влияние на характер распространения и величину интенсивности РИ, возникающего при ЭЛС и регистрируемое датчиком. В связи с этим, ток пучка электронов представляется через функцию распределения электронов по соответствующим осям и выражение (1) примет вид

$$J = K \cdot C \cdot U^2 \cdot I \times \times \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z(x,y) \cdot \varphi(x,y) \cdot j_n(x,y) dx dy, \qquad (2)$$

где $\varphi(x,y)$ – коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей свариваемого соединения; $Z(x,y)$ – атомный номер свариваемых деталей; $j_{\text{п}}$ – плотность распределения электронов в луче в координатах x, y, причем

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} j_n(x,y) dx dy = 1.$$

Плотность $j_{\text{п}}(x, y)$ представляют нормальным законом распределения:

$$j_n(x,y) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\varepsilon_x)^2}{2\sigma_x^2} \right] \times \times \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y-\varepsilon_y)^2}{2\sigma_y^2} \right], \qquad (3)$$

где σ_x, σ_y – среднеквадратические отклонения электронов от оси пучка по соответствующим осям; ε_x, ε_y – математические ожидания (положение оси луча в координатах x, y) (рис. 1).

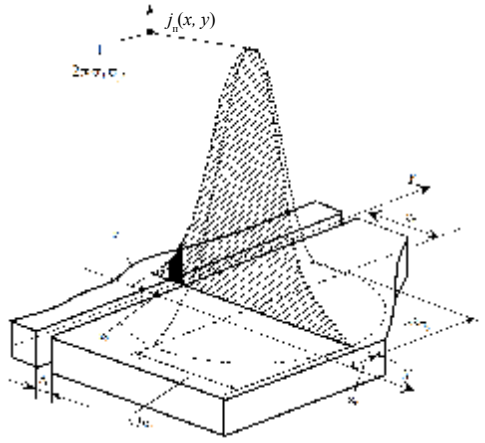


Рис. 1. К расчету интенсивности рентгеновского излучения при различных положениях луча относительно стыка

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07-08-00179) и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта 2957).

В пределах пятна нагрева поверхность свариваемых деталей можно считать однородной в направлении оси *OY*. Тогда функции $\varphi(x, y)$ и $Z(x, y)$ не зависят от y, т. е. $\varphi(x, y) = \varphi(x)$ и $Z(x, y) = Z(x)$. Подставляя в формулу (2) значение $j_{\text{п}}(x, y)$ из выражения (3) и учитывая, что

$$\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}}\cdot\int_{-\infty}^{\infty}\exp\left[-\frac{(y-\varepsilon_y)^2}{2\sigma_y^2}\right]dy = 1,$$

как интеграл от плотности распределения в бесконечных пределах, получим

$$J(\varepsilon) = K\cdot C\cdot U^2\cdot\frac{I}{\sigma\sqrt{2\pi}}\times \times\int_{-\infty}^{\infty}Z(x)\cdot\varphi(x)\cdot\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx, \quad (4)$$

где $\sigma = \sigma_x$, $\varepsilon = \varepsilon_x$.

Выражение (4) в общем виде определяет зависимость интенсивности РИ от положения луча относительно стыка при отсутствии оплавления свариваемых кромок. Ниже рассмотрены некоторые частные случаи, представляющие практический интерес.

Для стыка, изображенного на рис. 1, при регистрации РИ датчиком, расположенным со стороны ввода луча, нет элементов, изменяющих направление распространения или интенсивность излучения (кроме зазора), поэтому $\varphi(x) = 1$. Интенсивность РИ с поверхности свариваемых деталей определяется в соответствии с формулой (1). Излучение из зазора в стыке ($\Delta = x_2 - x_1$) практически отсутствует, так как в условиях ЭЛС зазор – это глубокий вакуум. В связи с этим, $Z(x)$ может быть представлен следующим образом:

$$Z(x) = \begin{cases} Z_1 & -\infty \le x \le x_1, \\ 0 & x_1 < x < x_2, \\ Z_2 & x_1 \le x \le \infty, \end{cases} \quad (5)$$

где Z_1 и Z_2 – атомные номера свариваемых материалов. Тогда

$$J = K\cdot C\cdot U^2\cdot I\cdot\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\times \times\left\{Z_1\cdot\int_{-\infty}^{x_1}\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx + Z_2\cdot\int_{x_2}^{\infty}\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx\right\}. \quad (6)$$

Если свариваемые материалы однородны, то $Z_1 = Z_2 = Z$ и выражение интенсивности РИ будет иметь вид

$$J = K\cdot C\cdot U^2\cdot I\cdot Z\times \times\left\{1-\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{x_1}^{x_2}\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx\right\}, \quad (7)$$

Результаты расчетов по формуле (7) представлены на рис. 2. Здесь $J_{\text{отн}} = J/K\cdot C\cdot U^2\cdot I\cdot Z$. Видно, что зависимости носят экстремальный характер. Экстремум (минимум) соответствует совпадению координат луча и стыка, следовательно, может служить критерием наведения луча на стык.

Расчеты показывают, что при реальных зазорах в стыке (до 0,1 мм) относительное изменение интенсивности РИ оказывается в пределах 0,03...0,6 при изменении Δ от 0,01 до 0,1 мм. Это свидетельствует о необходимости применения специальных средств для надежного выделения информации о положении луча относительно стыка.

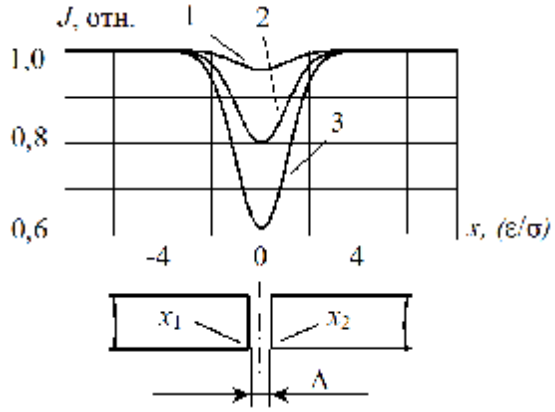


Рис. 2. Зависимость интенсивности рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка: σ = const = 0,1 мм; Δ = var; 1 – Δ/σ = 0,1; 2 – Δ/σ = 0,5; 3 – Δ/σ = 1

Относительное изменение интенсивности РИ возрастает с уменьшением σ. Это может служить критерием степени фокусировки электронного луча (при минимально возможном диаметре луча для данной электронно-лучевой пушки максимум относительного изменения интенсивности будет соответствовать острой фокусировке луча на поверхности свариваемых деталей).

В случае ЭЛС разнородных металлов расчет характеристик производится по выражению (6). Результаты расчета для ЭЛС меди ($Z_1 = 29$) и стали ($Z_2 = 26$) приведены на рис. 3. Для графика на рис. 3, *а*

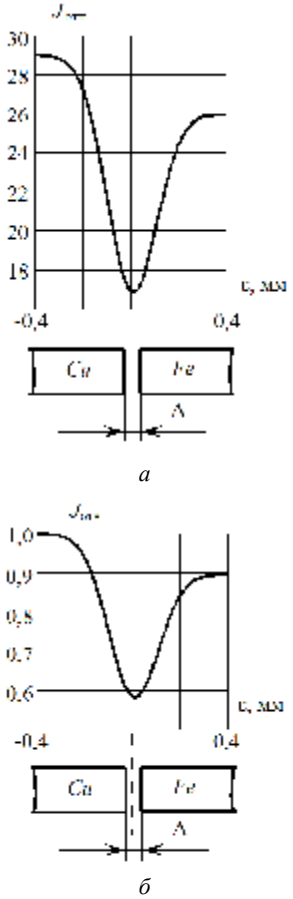
$$J'_{\text{отн}} = \frac{J\sigma\sqrt{2\pi}}{K\cdot C\cdot U^2\cdot I}.$$

Для удобства анализа результатов $J'_{\text{отн}}$ отнесено к значению $J'_{\text{отн}}$ при ε = const = –0,4 мм (луч находится на медной детали):

$$J_{\text{отн}} = \frac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\left\{Z_1\cdot\int_{-\infty}^{x_1}\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx + Z_2\cdot\int_{x_2}^{\infty}\exp\left[-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}\right]dx\right\}}{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\cdot Z_1\cdot\int_{-\infty}^{x_1}\exp\left[-\frac{(x-0,4)^2}{2\sigma^2}\right]dx}.$$

График, соответствующий последнему соотношению показан на рис. 3, *б*. Согласно графикам (рис. 3) при ЭЛС разнородных металлов ветви характеристик имеют разные наклоны. Металлу с большим атомным номером соответствует больший наклон. Это вполне согласуется с формулой (1) – интенсивность РИ пропорциональна атомному номеру элемента, на котором тормозится электронный луч. По этой же причине значения насыщения интенсивности при полном выходе луча на одну из дета-

лей отличаются на величину, зависящую от атомного номера материала. В относительных единицах эти значения для Cu и Fe равны их атомным номерам – 29 и 26 соответственно (рис. 3, *а*).



а

б

Рис. 3. Зависимость интенсивности рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка при ЭЛС разнородных металлов

Другой особенностью этих характеристик является смещение экстремума по оси абсцисс в сторону материала с меньшим атомным номером. Это можно объяснить следующим образом. При отсутствии зазора интенсивность РИ в относительных единицах изменяется от 29 (Cu) до 26 (Fe), и характеристика в этом случае не экстремальная. При наличии зазора в стыке часть электронов луча не участвует в создании РИ, и интенсивность излучения при некотором положении луча может оказаться меньше 26, а затем увеличится до 26 – появляется экстремум. Координата экстремума определяется равенством излучения с соответствующих поверхностей, которое пропорционально току пучка электронов, а следовательно, и площади пятна, находящейся на данном металле. Так как $Z_{Cu} > Z_{Fe}$, то для выполнения названного равенства необходимо, чтобы площадь пятна на стальной детали была больше площади пятна на медной детали. В связи с этим, луч должен быть смещен в сторону стальной детали. Следовательно, положение стыка не совпадает с положением экстремума характеристики, что необходимо учитывать при ЭЛС разнородных материалов.

Зависимости интенсивности РИ от положения луча относительно стыка при ЭЛС разнородных материалов представлены на рис. 4. Видно, что заметные рассогласования положений экстремума характеристик и стыка проявляются при отношении $\Delta/\sigma \le 1$. Такой случай является наиболее распространенным на практике и еще раз подтверждает необходимость учета этого рассогласования.

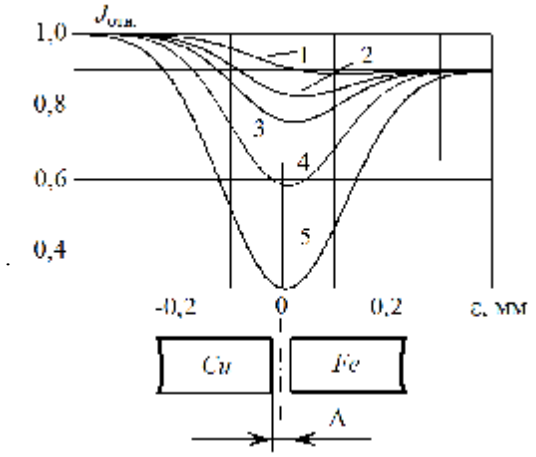


Рис. 4. Зависимости РИ от положения луча относительно стыка (ЭЛС разнородных металлов):
σ = 0,1 мм; 1 – Δ = 0,01 мм; 2 – Δ = 0,03 мм;
3 – Δ 0,05 мм; 4 – Δ = 0,1 мм; 5 – Δ = 0,2 мм

Дифференцируя выражение (6) по ε и приравнивая производную нулю, можно найти ε_0 – абсциссу экстремума и зависимость ее от зазора в стыке Δ:

$$\varepsilon_0 \approx \frac{0,0011}{\Delta}, \qquad (8)$$

т. е. абсцисса экстремума при ЭЛС разнородных металлов связана с зазором в стыке гиперболическим законом. При зазорах, меньших 0,01 мм, рассогласование положений экстремума и стыка могут составлять заметные величины и вызывать значительные погрешности позиционирования луча по положению экстремума.

Значения смещения экстремума для некоторых значений зазора в стыке при ЭЛС меди и стали (σ = 0,1 мм) приведены в таблице.

Рассмотрим случаи, когда имеется превышение кромок или ЭЛС ведется по технологическим буртам (присадочным или маркировочным, определяющим положение стыка закрытого соединения). Изменение интенсивности излучения происходит в результате того, что часть рентгеновских лучей ослабляется слоем материала бурта (рис. 5). Поэтому представляет практический интерес определение $\varphi(x)$ – зависимости коэффициента ослабления от положения луча относительно такого элемента.

При прохождении лучом пути от $\varepsilon = 0$ до $\varepsilon_{max} = zr/H$ часть РИ при прохождении пути до датчика ослабляется в слое l материала бурта (рис. 5). Этот слой изменяется от l_{max} при $\varepsilon = 0$ до 0 при $\varepsilon = \varepsilon_{max} = zr/H$. Из геометрических построений можно определить l:

$$l = \sqrt{\left(\frac{rz - \varepsilon H}{H + z}\right)^2 + \left[\frac{rz - \varepsilon H}{(R + \varepsilon)\sin\gamma}\right]^2}. \qquad (8)$$

В связи с наличием перепада уровней поверхностей, на которых возникает РИ, необходимо учитывать телесные углы на кристалл датчика из точки взаимодействия

луча с поверхностью. На интервале (–Δ, –Δ/2) коэффициент K (выражение (1)) определяется следующим образом:

$$K_1 = \frac{\operatorname{arctg}^2 \dfrac{r}{\sqrt{H^2 + \operatorname{ctg}^2\gamma\left(H+z\right)}}}{\pi};$$

на интервале (–Δ/2, +Δ) K определяется

$$K_2 = \frac{\operatorname{arctg}^2 \dfrac{r}{\dfrac{H}{\sin\gamma} + \dfrac{z}{\sin\gamma}}}{\pi}.$$

При выводе последних выражений принято равенство телесных углов.

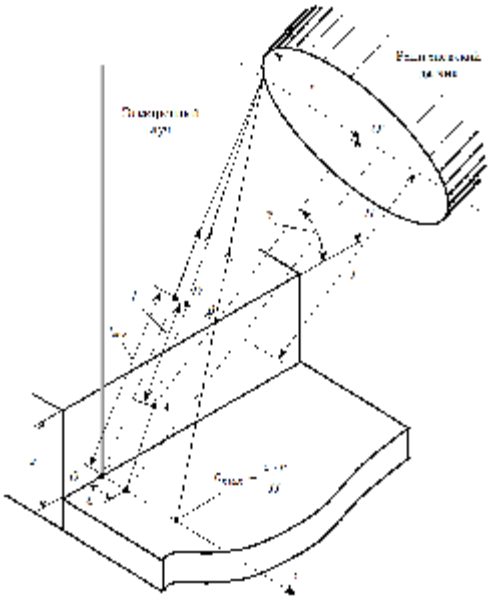


Рис. 5. К определению φ(x)

Учитывая вышесказанное, зависимость интенсивности РИ от положения луча относительно стыка с превышением кромок будет иметь следующий вид:

$$J_{\text{отн}} = K_1 \int_{-\infty}^{-\frac{\Delta}{2}} e^{-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}}\,dx + K_2 e^{-(\mu l)} \times \\ \times \int_{\frac{\Delta}{2}}^{\frac{zr}{H}} e^{-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}}\,dx + K_2 \int_{\frac{zr}{H}}^{\infty} e^{-\frac{(x-\varepsilon)^2}{2\sigma^2}}\,dx, \qquad (9)$$

где μ – коэффициент линейного ослабления рентгеновского излучения, прошедшего слой материала l [4].

Графики, построенные в соответствии с выражением (9), представлены на рис. 6. Характеристики имеют различный наклон ветвей. Со стороны верхней кромки ветви характеристик круче, чем со стороны нижней кромки. Это можно объяснить тем, что при переходе луча с верхней кромки на нижнюю излучение ослабляется не только наличием зазора в стыке, но и ослаблением его на пути к датчику в материале верхней кромки.

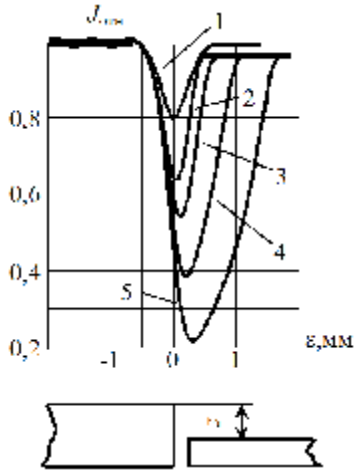


Рис. 6. Зависимость РИ от положения луча относительно стыка с превышением кромок: σ = 0,2 мм; Δ = 0,1 мм; 1 – z = 0; 2 – z = 2; 3 – z = 3; 4 – z = 5; 5 – z = 8 мм

С увеличением z увеличивается смещение экстремума от стыка. Анализ соотношений (8) и (9) показывает, что смещение координаты экстремума ε_0 пропорционально радиусу r кристалла датчика, превышению кромок z и обратно пропорционально расстоянию H датчика до верхней кромки:

$$\varepsilon_0 \approx rz/H.$$

Отсюда видно, что превышение кромок не будет влиять на положение экстремума, если датчик обладает точечными размерами. Однако уменьшение размеров датчика приведет к уменьшению коэффициента передачи. Увеличение расстояния до верхней кромки также приводит к уменьшению коэффициента передачи датчика.

Интенсивность излучения с нижней кромки оказывается меньше интенсивности с верхней кромки. Это также объясняется меньшими телесными углами при взаимодействии луча с нижней кромкой стыка.

Анализ приведенных характеристик свидетельствует о возможности получения информации о положении луча относительно стыка с превышением кромок, однако необходимо учитывать смещение экстремума с увеличением превышения.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Характер изменения интенсивности рентгеновского излучения аналогичен закономерностям изменения вторично-эмиссионного тока при изменении положения электронного луча относительно стыка.

Экстремальный характер зависимости рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка свидетельствует об очевидной возможности технической реализации поиска экстремума известными методами и оп-

Значения смещений экстремума ε_0 от зазора Δ в стыке (ЭЛС меди и стали)

Δ, мм	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1	0,2
ε_0, мм	1,1	0,22	0,11	0,022	0,011	0,005 5

ределения, тем самым, положения луча относительно стыка.

Определение положения стыка при ЭЛС разнородных металлов, а также стыков с превышением кромок и другими околошовными конструкционными элементами, в случае отсутствия оплавления, требует учета смещения экстремума характеристик относительно стыка, особенно при ЭЛС разнородных металлов с малыми зазорами (что часто встречается на практике).

Относительное изменение интенсивности рентгеновского излучения при перемещении луча относительно стыка может служить критерием фокусировки луча на поверхности свариваемых деталей при регистрации излучения без оплавления кромок, а также критерием чувствительности датчика к перемещению луча относительно стыка.

Библиографический список

1. Reichmann, A. State of the art of a FEP control unit of beam scanning for electron beam equipment / A. Reichmann, D. Leffler, R. Bartel // 6th Intern. conf. on Beam Technology. Halle (Saale). 2004. P. 102–107.

2. Хараджа, Ф. Н. Общий курс рентгенотехники / Ф. Н. Хараджа. М. : Энергия, 1966.

3. Быстров, Ю. А. Ускорительная техника и рентгеновские приборы / Ю. А. Быстров, С. А. Иванов. М. : Высш. шк., 1983.

4. Браверманн, В. Я. Экспериментальные исследования рентгеновского излучения при электронно-лучевой сварке / В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев, А. Н. Успенский // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. : под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Вып. 6. Красноярск, 2005. С. 196–200.

V. Ya. Braverman, V. S. Belozertsev, N. N. Goryashin, A .T. Lelekov

MATHEMATICAL MODELS FOR THE PROCESS OF CHANGING THE X-RAY RADIATION FROM THE BEAM POSITION RELATIVELY THE SEAM DURING THE ELECTRON BEAM WELDIN)

We provide an analytical description of changing the braking X-ray radiation processes based on the beam position along the seam of the welded parts during the Electron Beam Welding. The quantitative models are used for the synthesis of the automatic beam positioning systems.

Keywords: electron beam welding, X-ray radiation, mathematical expectation of beam position, electron density of distribution.

УДК 621.833

К. Я. Иванов

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Рассматривается оптимизация основных параметров коническо-цилиндрического редуктора. Приводится методика оптимизации, основанная на разбивке общего передаточного отношения по ступеням редуктора.

Ключевые слова: коническо-цилиндрический редуктор, двухступенчатый редуктор, разбивка передаточного отношения по ступеням редуктора.

Основная задача при проектировании зубчатых редукторов – разработка конструктивных условий формирования параметров ступеней и передаточного отношения каждой ступени. Разбивка общего передаточного отношения редуктора зависит от требований, которые предъявляются к данной конструкции.

Критериями оптимизации наиболее часто выступают следующие:

– стоимость конструкции;

– минимальные габаритные размеры;

– минимальная масса;

– минимальный приведенный момент инерции редуктора;

– минимальная кинематическая погрешность редуктора.

Рассмотрим методику определения оптимальных параметров коническо-цилиндрического редуктора. Основным условием работоспособности редуктора является условие контактной прочности колес, которое одновременно предусматривает минимальную массу. Поэтому металлоемкость и стоимость редуктора будут зависеть от габаритных размеров редуктора: длины L; высоты H; ширины B.

Необходимо учитывать, что на величину оптимального передаточного отношения ступени оказывают непосредственное влияние такие параметры, как коэффициент ширины зубчатого венца цилиндрической передачи – ψ_{ba}, коэффициент ширины зубчатого венца конической передачи – ψ_{bRe}, контактное напряжение колес –

$[\sigma_H]$. Поэтому выбор достаточно обоснованных значений параметров коническо-цилиндрических редукторов – задача довольно сложная.

Длина коническо-цилиндрического редуктора определяется по следующей зависимости (рис. 1):

$$L = d_{e2} + A_{w34} + \frac{d_{w4}}{2}, \qquad (1)$$

где d_{e2} – внешний делительный диаметр колеса конической передачи; A_{w34} – межосевое расстояние цилиндрической передачи; d_{w4} – диаметр делительной окружности колеса цилиндрической передачи.

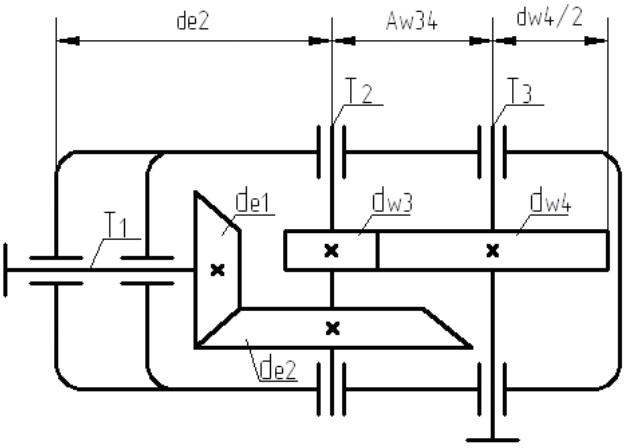


Рис. 1. Коническо-цилиндрический редуктор

По условию контактной прочности зубчатых колес межосевое расстояние цилиндрической передачи и внешний делительный диаметр колеса конической передачи определяется по следующим формулам:

$$A_{w34} = K_a (i_{34} + 1) \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_{H\beta 34}}{\psi_{ba} \cdot [\sigma_H]_{34}^2 \cdot i_{34}^2}}, \qquad (2)$$

где K_a – коэффициент зависящий от свойств материала и типа передачи; T_3 – момент на валу T_3; $K_{H\beta 34}$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине венца цилиндрической передачи; i_{34} – передаточное отношение цилиндрической передачи; ψ_{ba} – коэффициент ширины зубчатого венца по межосевому расстоянию цилиндрической передачи; $[\sigma_H]_{34}$ – допускаемое контактное напряжение колеса цилиндрической передачи;

$$d_{e2} = K_d \times \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta 12} \cdot i_{12}}{\psi_{b\mathrm{Re}} \cdot [\sigma_H]_{12}^2 \cdot (1 - 0{,}5 \cdot \psi_{b\mathrm{Re}})^2}}, \qquad (3)$$

где K_d – коэффициент учитывающий тип передачи и свойства материала; T_2 – момент на валу T_2; $K_{H\beta 12}$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине венца конической передачи, i_{12} – передаточное отношение конической передачи; $\psi_{b\mathrm{Re}}$ – коэффициент ширины зубчатого венца конической передачи; $[\sigma_H]_{12}$ – допускаемое контактное напряжение колеса конической передачи.

Введем следующее обозначение для соотношений колес ступеней:

$$S_\sigma = \frac{[\sigma_H]_{12}}{[\sigma_H]_{34}}. \qquad (4)$$

С учетом принятых обозначений и формул выражение (1) после соответствующих преобразований примет вид

$$L = a_0 \left[a_1 \sqrt[3]{\frac{1}{i_{34}^2}} + a_2 \sqrt[3]{\frac{1}{i_{34}^2}} \cdot (2 i_{34} + 1) \right], \qquad (5)$$

где $a_0 = \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot i_{\text{общ}} \cdot \eta_{12}}{[\sigma_H]_{34}^2}}$; $a_1 = K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta 12} \cdot i_{\text{общ}}}{\psi_{b\mathrm{Re}} \cdot S_\sigma^2 \cdot (1 - 0{,}5 \cdot \psi_{b\mathrm{Re}})^2}}$;

$a_2 = K_a \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta 34} \cdot \eta_{34}}{\psi_{ba}}}$.

Эта зависимость показывает, что длина редуктора зависит от разбивки передаточного отношения по ступеням. Из анализа уравнения (5) видно, что минимальная длина редуктора L будет при i_{34} равному

$$i_{34} = \frac{a_1 + a_2}{a_2}. \qquad (6)$$

Таким образом, на величину оптимальной разбивки передаточного отношения оказывают влияние соотношение S_σ, параметры ψ_{ba} и $\psi_{b\mathrm{Re}}$. При изменении ширины колес и материалов каждый раз меняются передаточные отношения ступеней и, следовательно, длина редуктора. Оценить это влияние можно с помощью разработанной автором программы «Система автоматизированного проектирования электромеханического привода. Проектирование коническо-цилиндрического редуктора с оптимальными параметрами „САПР-9”», схема алгоритма которой приведена на рис. 2.

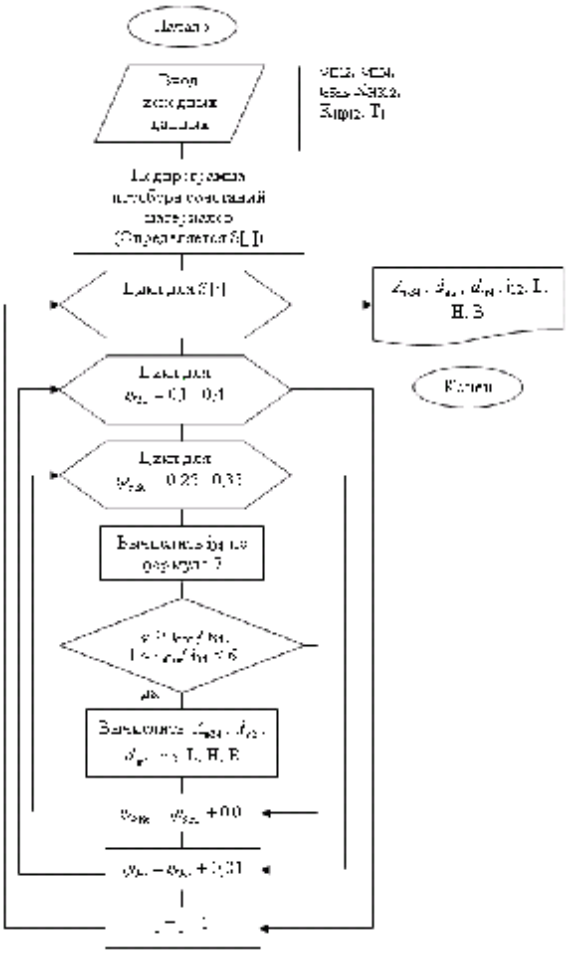


Рис. 2. Алгоритм программы

Вводимые параметры:

– массив материалов для колес с различными допускаемыми контактными напряжениями;

– общее передаточное отношение редуктора $i_{общ}$;

– коэффициенты неравномерности распределения нагрузки $K_{H\text{в}12}$ и $K_{H\text{в}34}$;

– крутящий момент на входе редуктора T_1.

Внутри программы организованны три цикла:

– первый цикл «Цикл для $S[j]$» – перебирает варианты сочетаний материалов, которые передаются из подпрограммы «перебора сочетаний материалов»;

– второй цикл «Цикл для $\psi_{ba} = 0{,}1\ldots0{,}4$» – перебирает значения параметра в указанном диапазоне с шагом 0,01;

– третий цикл «Цикл для $\psi_{b\text{Re}} = 0{,}25\ldots0{,}35$» – перебирает значения параметра в указанном диапазоне с шагом 0,01.

Далее все значения параметров подставляются в формулу (6) и вычисляется оптимальное значение передаточного отношения i_{34}, проверяемые по критериям, которые указаны в блоке сравнения.

Если i_{34} удовлетворяет критериям, то рассчитывается L по формуле (5), H, B, A_{w34}, d_{e2}, d_{w4}. Из расчетов формируется массив, из которого выбираются оптимальные варианты по L и объему внутренней полости редуктора V и выводятся на экран.

Если i_{34} не удовлетворяет критериям, то программа переходит к следующему своему шагу.

Анализ рассчитанных вариантов редукторов позволяет выбрать наиболее оптимальные значения параметров обеих ступеней.

K. Ya. Ivanov

OPTIMIZATION OF THE BASIC PARAMETERS OF A CONICAL-CYLINDRICAL REDUCER

The optimization of basic parameters of a conical-cylindrical reducer is considered. The methods for optimization based on the total breakdown of the gear ratio step reducer are carried out.

Keywords: conical-cylindrical reducer, two-stage reducer, breakdown of the gear ratio step reduce.

УДК 658.386.3.633.33

А. В. Минеев, Е. Е. Милосердов

НЕКОТОРЫЕ БАЗОВЫЕ СООТНОШЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПРИВОДОВ РОТОРНОГО ЭКСКАВАТОРА

Рассматриваются некоторые базовые соотношения моделирования основных приводов роторного экскаватора, приведены основные формулы, используемые в моделировании нагрузок на привод ротора в процессе экскавации породы.

Ключевые слова: ротор, привод, моделирование, экскавация.

Для оценки технического состояния основных функциональных узлов роторного экскаватора очень важно рассмотреть базовые соотношения основных приводов роторного экскаватора. Привод роторного колеса является одним из определяющих.

Фактическое входное погружение зубьев, режущих кромок (поясов), механизмов привода, ротора и его опорных устройств определяется величиной усилия при экскавации породы.

Нагрузка в этих элементах зависит от усилия подъема породы, массы последней в роторе и на приемно-питающем устройстве, а также от массы узла ротора.

Кроме того, опорное устройство ротора нагружено центробежной силой и гироскопическим моментом, возникающим вследствие путации и прецессии валов ротора и двигателей привода. Все эти нагрузки, за исключением массы узла ротора, носят случайный или квазигармонический характер. При этом амплитуды их колебания весьма существенны, особенно это относится к усилию, затрачиваемому на экскавацию породы.

Структура действия сил и моментов на роторном колесе приведена на рисунке в виде схемы скоростей и усилий, действующих на кромку ковша роторного колеса.

Мощность, необходимая для резания горной массы определяется следующим образом [1]:

$$P_{\text{р}} = F_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}},$$

где $F_{\text{р}}$ – средняя составляющая статической нагрузки привода роторного колеса; $V_{\text{р}}$ –линейная скорость.

Необходимая производительность в плотной массе в секунду равна

$$V_{\text{р}} = \frac{Q_p}{3\,600 \cdot K_p}.$$

Момент статической нагрузки относительно оси роторного колеса, связанный с резанием

$$M_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{\omega_{\text{р}}} = \frac{Q_T \cdot K_f}{K_{\text{р}} \cdot \omega_{\text{р}}} = \frac{Q_T \cdot K_f}{K_{\text{р}} \cdot \overline{\omega}_{\text{р}} \cdot 3\,600},$$

где $\omega_{\text{р}}$ – угловая скорость вращения ротора; K_f – коэффициент удельного сопротивления резания.

С учетом силы резания получаем следующее:

$$M_{\text{р}} = F_{\text{р}} \cdot R_{\text{р.к}} = K \cdot S_{\Sigma} \cdot R_{\text{р.к}},$$

где S_{Σ} – суммарная площадь поперечного сечения стружек, снимаемых всеми ковшами; $R_{\text{р.к}}$ –радиус роторного колеса.

Суммарная мощность на валу роторного колеса [2]

$$P_{\text{р}} = K_{\text{Т}}(P_{\text{р}} + P_{\text{п}}) = K_{\text{Т}} \cdot Q_{\text{Т}} \frac{K_f + \rho \cdot R_{\text{р.к}}}{K_{\text{р}}}, \qquad (1)$$

где $R_{\text{р.к}}$ – радиус роторного колеса; $K_{\text{Т}}$ – коэффициент трения ковшей о породу.

Приведенное выражение определяет средние теоретические значения статических нагрузок.

Мгновенные усилия на кромках ковшей и, соответственно, мгновенные значения моментов на валу привода роторного колеса определяются и переменной составляющей нагрузок, связанной с неоднородностью физико-механических свойств массива, наличием крепких включений, возникновением сколов, непостоянством числа одновременно режущих кромок, различной степенью их износа.

Характеристики переменной составляющей нагрузки формируются генератором псевдослучайных чисел, с учетом частоты вращения ротора вводятся с переменным коэффициентом $K_{\text{п.с}}$ в уравнение (1).

Для определения срабатывания фрикционной муфты, установленной для предотвращения перегрузок на валу приводного двигателя, включения колодочного тормоза и т. п. выполняют анализ [1]

$$M_{\text{р}} \le M_{\text{р.ср.с}}.$$

При этом максимальный динамический эффект на валу ротора

$$M_{\text{д.р.max}} = M_{\text{р.ср.м}} + \omega_{\text{р}} \cdot \sqrt{J_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}}.$$

Для определения количества добываемой горной массы моделируются параметры стружки

$$h_0 = a \cdot \text{tg} \cdot \xi,$$

где $tg\xi = \frac{V_{\text{Э}}}{V_p}$; a – расстояние между ковшами.

Мгновенная толщина среза горной массы одним ковшом моделируется одним уравнением [1]

$$t_{\text{в}} = t_{\text{о}} \cdot \sin \beta_{\text{к}},$$

где $t_o = \sqrt{\frac{Q_T \cdot E_o}{60 K_p \cdot n_z}}$.

Сопротивление массива резанию определяется через прочностные свойства горных масс

$$K_{F\text{ПО}} = 12{,}5 \frac{\sigma_{\text{р}}}{\sigma_{\text{сж}}} \cdot \text{tg}(0{,}7\varphi + 10\, C_{\text{м}}).$$

С учетом площадей среза и соотношений толщины и ширины стружки

$$K_{F\text{П1}} \approx K_{F\text{ПО}} \left(\frac{F}{F_0} \right),$$

$$K_{F\text{ПZ}} \approx \left[0{,}91 + 0{,}45 \left(\frac{S}{b} + \frac{b}{S} \right) \right]^2,$$

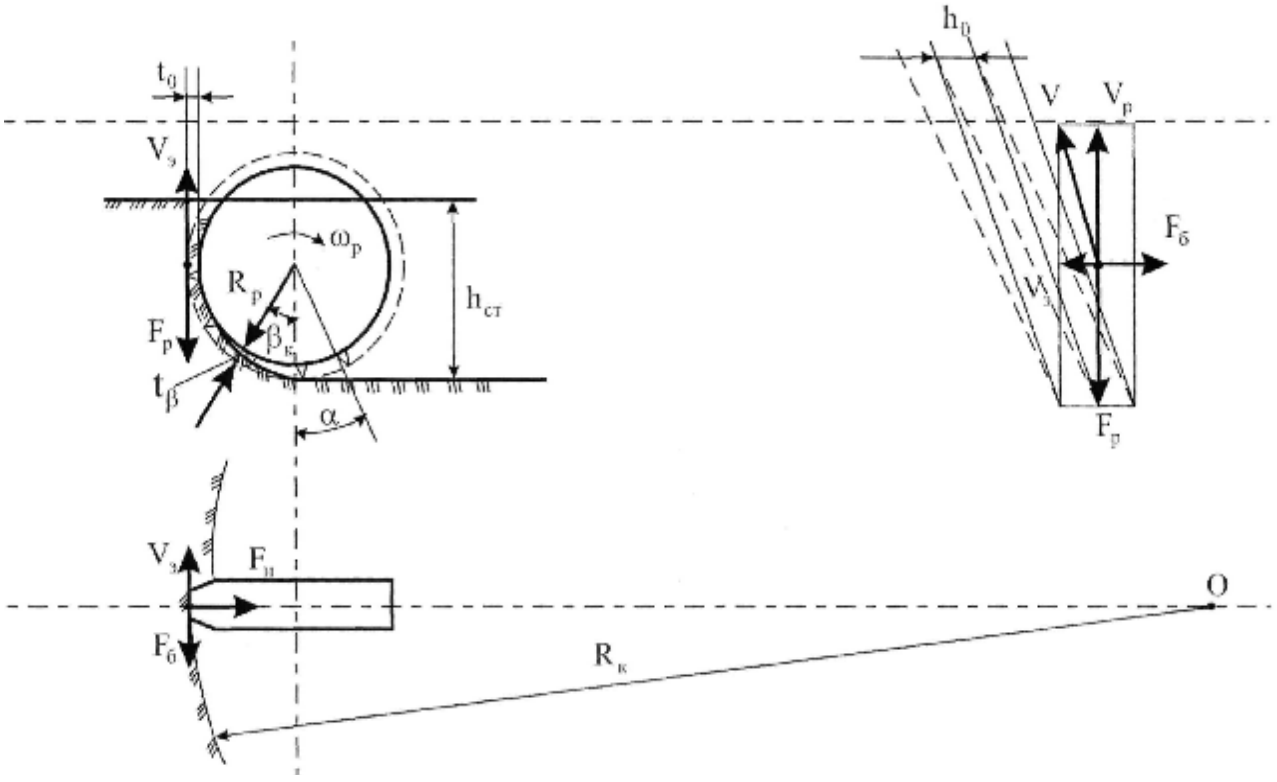


Схема усилий, действующих на кромку ковша роторного колеса:

$R_{\text{к}}$ – радиус резания в горизонтальной плоскости, измеряемый по кромке ковшей; h_0 – ширина снимаемой стружки; $h_{\text{ст}}$ – высота слоя уступа; t_{β} – мгновенная толщина стружки, сжимаемой ковшом

$$C_м = C_к\left(\lambda + \frac{1-\lambda}{b/l_b}\right),$$

где $\sigma_р$ – временное сопротивление одностороннему растяжению в зависимости от выбранного горного массива; $\sigma_{сж}$ – временное сопротивление одностороннему сжатию; b – угол внутреннего трения; $C_к$ – сцепление в куске; λ и l_b – соответственно, коэффициенты структурного ослабления, средний размер элементарного структурного блока.

Фактическая производительность экскаватора определяется как [1]

$$Q_ф = M_{р\Sigma\omega_р}\frac{K_р}{K_f}.$$

Угловая скорость вращения ротора равна [2]

$$\omega_р = \omega_д \cdot i_р.$$

Таким образом, при помощи данных зависимостей, моделируя условия резания грунта и факторы, влияющие на работу экскаватора, можно оптимально спроектировать привод ротора и определить мощность машины в целом.

Библиографический список

1. Владимиров, В. М. Повышение производительности карьерных многоковшевых экскаваторов / В. М. Владимиров, В. К. Трофимов. М. : Недра, 1980.

2. Беляков, Ю. И. Рабочие органы роторных экскаваторов / Ю. И. Беляков, В. М. Владимиров. М. : Машиностроение, 1967.

A. V. Mineev, E. E. Miloserdov

SOME BASE RELATIONS FOR MODELLING MAIN ROTARY TRENCHER DRIVES

Some base relations for modeling, the main rotary trencher drives are considered. The fundamentals formulas used in loading modeling on rotary drive in the excavation rock process are given.

Keywords: rotor, drive, modeling, excavation.

УДК 004.031.43

В. В. Лосев

ПРЕИМУЩЕСТВА OLTP-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Анализируется возможность развертывания в распределенных автоматизированных системах управления технологическими процессами специализированного программного продукта управления данными, ориентированного на OLTP (Online Transaction Processing) с целью распределения транзакционной нагрузки между несколькими узлами.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, технологический процесс, транзакционная обработка данных.

Создание и функционирование автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) направлено на достижение определенных технико-экономических результатов. Рассматривая распределенную АСУ ТП как человеко-машинную систему, принято различать реализуемые ею функции: информационные – результатом выполнения которых является представление оператору, диспетчеру системы информации о ходе управляемого процесса; управляющие – включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий на объект.

Проектирование и внедрение таких сложных систем, какими являются АСУ ТП, связано с реализацией (материализацией) в тесной взаимосвязи различных видов обеспечения. В соответствии с ГОСТ 24.104–85 для АСУ, в том числе и АСУ ТП, выделяется ряд основных видов обеспечения: техническое, математическое, программное, информационное, лингвистическое, организационное [1].

Программное обеспечение (ПО) АСУ ТП – это комплекс программ, реализующих алгоритмы обработки информации. ПО АСУ ТП может быть представлено как система с выделением функциональных подсистем, управляющих структур, баз данных (БД), вычислительных процедур.

Информационное обеспечение (ИО) АСУ ТП определяется характеристиками информации, хранимой и об-

рабатываемой в системе, причем в аспекте процедур оперирования с данными, т. е. безотносительно к их содержанию. Данные применительно к АСУ ТП определим как первичные сведения, получаемые от прямого наблюдения за технологическим объектом управления и выражаемые в форме чисел, слов или специальных обозначений, а термин «информация» – как сведения, полученные после соответствующей переработки данных.

Данные виды обеспечения АСУ ТП представляют исследовательский интерес, прежде всего, с точки зрения анализа их функционирования в АСУ ТП с учетом выполнения логических операций в режиме реального времени.

Архитектурная платформа распределенных АСУ ТП представляет территориально-рассредоточенные вычислительные мощности (узлы), объединенные каналами связи с классическим клиент-серверным взаимодействием. Не является исключением технология SMP (Symmetric Multiprocessing) [2], в которой несколько процессоров имеют равноправный доступ к совместно используемой основной памяти.

Системы класса SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) являются основным программным обеспечением HMI (Human Machine Interface) АСУ ТП [3]. Ввод-вывод данных осуществляется в результате взаимодействий с устройством связи с объектом (УСО), посредством драйверов, а также с БД посредством интерфейсов ODBC (Open DataBase Connectivity).

Существующие и проектируемые АСУ ТП реализуют информационную функцию путем следующих операций: контроля, регистрации текущих параметров и сравнение их с регламентированными; фиксации времени отклонения параметров; вычисления комплексных показателей процесса; предоставления хранимой информации на основе запросов и т. д.

Поддержка реального времени обеспечена как операционными, так и SCADA-системами, что является необходимым условием протекания сложных процессов для АСУ ТП с непрерывным характером производства. Тем не менее, временные задержки имеют место при взаимодействии с БД, что вполне объяснимо. Современные коммерческие СУБД берут свое начало от «System R» [4], разработанной в 70-е гг. XX в., наследием которой стали следующие архитектурные черты: структуры хранения данных и индексов ориентированы на дисковую память; использование многопотоковости для сокрытия временных задержек; механизмы управления параллельным доступом на основе блокировок; восстановление на основе журналов. «System R» была разработана с учетом характеристик аппаратуры, которые по некоторым показателям в тысячи раз ниже сегодняшних, к тому же существовал единственный рынок СУБД – рынок обработки бизнес-данных.

Предлагается иная архитектурная платформа распределенных АСУ ТП, основой которой выступает GRID-система (впервые была исследована в проекте «Gamma» [5]), состоящая из N-узлов горизонтального разделения в одноранговой (peer-to-peer) архитектуре, взаимодействующих посредством коммуникационной сети. Данная концепция исключает использование общих, разделяемых ресурсов – «shared-nothing». Возможно горизонтальное масштабирование GRID-системы (количеством узлов) по мере расширения мощностей АСУ ТП, с целью увеличения ресурсного потенциала системы и надежности в виде избыточности узлов.

Современные технологии разделения ресурсов, в частности SMP, ограничены количеством используемых процессоров и величиной основной памяти. Данное ограничение накладывает операционная система. В то время как архитектурный подход «shared-nothing» не препятствует наращиванию единичных мощностей GRID-системы.

Особенность предложенной платформы – возможность развертывания в основной памяти узлов GRID-системы специализированного программного продукта управления данными, ориентированного на OLTP (Online Transaction Processing) с целью распределения транзакционной нагрузки между несколькими узлами.

Авторами статьи [6], в частности, предложен архитектурный подход при проектировании вышеназванного программного средства для достижения производительности, значительно превосходящей производительность существующих распределенных СУБД.

Размещение приложения и хранение данных в основной памяти с последующим совершением транзакций без обмена данными с дисковой памятью позволит исключить временные задержки на дисковые операции. Таким образом, методы вызова персистентных объектов исключены. Оперирование данными осуществляется короткими, «легковесными» транзакциями, время полезной работы которых менее миллисекунды. Отсутствуют задержки по вине пользователей, например, в АСУ ТП основной персонал представлен операторами и диспетчерами, задачи которых – наблюдение за информацией, полученной от БД на основе запросов чтения (read). Имеет смысл выполнять все команды SQL в рамках последовательных транзакций с использованием однопотоковой модели исполнения. Следовательно, исключается подсистема регулирования ресурсов, используемая в многопотоковых системах для параллельного выполнения запросов. Нет необходимости особым образом структурировать данные, для которых поддерживается параллельный доступ. Восстановление данных на основе журнализации допустимо, например, журнал откатов (undo) как структура данных в основной памяти, с удалением при фиксации транзакций. Нет необходимости производить повторное выполнение операций (redo), поскольку требуемого эффекта можно достичь путем восстановления данных по сети методом репликации с удаленного узла.

Однако, отмечая преимущества OLTP-ориентированных приложений при проектировании распределенных автоматизированных систем управления технологическими процессами, следует согласиться, что на сегодняшний день существуют проблемные области, связанные с реализацией некоторых методов. Это относится, например, к репликации частей БД между узлами без приостановки транзакций; реализации хранимых процедур как альтернативы двухсторонним коммуникациям между SCADA и БД; восстановлению состояния БД узла после аварийных ситуаций на основе согласованных копий данных.

Библиографический список

1. ГОСТ 24.104–85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления.

Автоматизированные системы управления. Общие требования. Введ. 1987-01-01. М. : Изд-во стандартов, 2002.

2. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В. Л. Бройдо. СПб. : Питер, 2002.

3. Деменков, Н. П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП / Н. П. Деменков. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.

4. Kim, W. Relational Database Systems / W. Kim // ACM Comput. Surv. 1979. № 3.

5. DeWitt, D. J. The Gamma Database Machine Project / D. J. DeWitt, S. Ghandeharizadeh, D. A. Schneider [et al.] // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. March, 1990. № 1. Vol. 2. P. 44–62.

6. Stonebraker, M. The End of an Architectural Era (It's Time for a Complete Rewrite) / M. Stonebraker, S. Madden, D. Abadi [et al.] // Proceedings of VLDB. Vienna, 2007.

V. V. Losev

ADVANTAGES OF OLTP-ORIENTED APPLICATIONS IN THE DESIGN OF DISTRIBUTED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

The paper analyzes the possibility of the deployment in distributed automated control systems of technological processes of specialized OLTP-oriented software for data control to distribute transactional load among multiple nodes.

Keywords: automated control system, technological process, transaction processing of data.

УДК 330.34 ; 330.35

И. Л. Куприн, А. Д. Давыдов

СИСТЕМОЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОДУЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАК МАГИСТРАЛЬНЫЙ ВЫХОД НА ФОРМИРОВАНИЕ КОНТУРОВ ТЕХНОЛОГИИ ПРОРЫВНОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ[1]

Рассмотрена актуальная научно-практическая проблема формирования ускоренного малозатратоемкого развития систем в обеспечение необходимой стратегической реакции больших систем на угрозы. Большие системы представлены системным триединством парка технических систем или сложноорганизованных системообразований, промышленных и эксплуатационных структур их адекватного воспроизводства и «взведения» к целевой работе. Обосновывается, что искомая стратегическая реакция может быть предопределена базированием развития новой техники на основные положения и принципы целостной системоэкономической концепции модульной стратегии развития систем. Такая стратегия развития представлена в качестве несущей конструкции контуров технологии прорывного развития новаций.

Ключевые слова: модульная стратегия развития, парадигма развития, техноценозы, контуры технологии прорыва, синергетическая магистраль глобального развития.

В современных условиях конкурентного взаимодействия скорость реакции на вызовы и угрозы внешней среды становится доминантой развития сложных систем и системообразований. Прорывное развитие рассматривается как ускоренное воспроизводство новизны, несопоставимое с прежней скоростью развития Сложного. Ориентированное на прорыв развитие обеспечивается малой ресурсоемкостью воспроизводства новизны систем и «взведением» к целевой работе любого из вариантов облика систем по спросу. Порогом прорыва, на наш взгляд, является граница перехода от ресурсоемких к малоресурсоемким стратегиям и технологиям развития систем; от закрытых систем к открытым; от элементарно открытых к открытым системам с переменной распределенной структурой; от унитарных систем к модульным; от модульных систем к модульным техноценозам.

В этом случае, обеспечив подобный технологический переход, можно резко увеличить скорость реакции на угрозы внешней среды основных систем и систем их воспроизводства и «взведения» при их адекватном ориентированном на такую реакцию формировании. При этом можно считать, что развитие систем вышло за порог технологического прорыва, с переходом которого оно способно обрести признаки квазиинвариантности возмущениям внешней среды. В этом смысле можно трактовать такое состояние систем или их целостной сложной организованности как техногенный гомеостаз, а собственно развитие с такими свойствами – как магистральное развитие с синергетическими признаками. При этом выход за порог технологического прорыва и вскрытие системоэкономических возможностей воспроизводства синергетических свойств этих систем позволяет рассматривать такую концепцию как основу целеполагания перспективного развития системной триады больших систем в современных условиях глобальной конкуренции при время-ресурсном дефиците.

Под системной триадой больших систем (СТБС) понимается совокупный целеориентированный «парк» основных систем; объектно-ориентированный промышленный комплекс их воспроизводства; эксплуатирующие оргструктуры их «взведения» к целевой работе.

Этим в целом можно охарактеризовать проблемный системоэкономический переход на другой уровень развития Сложного в нелинейном мире, где смена парадигмы развития и техноценотическая реальность видоизменяют законы и закономерности развития Сложного, способного к «поведению» и гомеостазу.

Представленная в статье схемно динамика развития с ее возможными последствиями была заложена авторами под руководством профессора С. А. Саркисяна в «несущую конструкцию» системоэкономической концепции модульной стратегии развития систем. Исследования техноценотических и синергетических начал выявили впоследствии ее глобальные перспективы. Выход на техноценотическую реальность может быть вполне адекватно реализован с познанием сущности рассматриваемого системоэкономического явления. В его основе – новое содержание стратегической реакции системной триады больших систем в отклике на угрозы, скоростное, малоресурсоемкое, квазиинвариантное воздействиям среды развитие систем с признаками поведения на энергетическом минимуме воспроизведения их адаптивных свойств при время-ресурсном дефиците.

Принципиальная же проблема в рассматриваемой стратегической реакции с признаками асимметрии состоит в адекватности реализации свойств поведения таких системообразований через скоростное малоресурсоемкое «взведение» комплексированием к целевой работе любого из их фрагментов, любого масштаба, под любой ожидаемый спрос. Такая возможность может быть обеспечена через ответную адекватную системную интеграцию оргэкономических структур с направленным воспроизведением требуемых фрагментов непрерывно развивающегося ценотического целого, наделяемого робастными свойствами по всей его «жизни», стремящей-

[1] Работа выполнена по результатам исследований, поддержанных грантом РФФИ по проекту № 07-06-13515/2007.

ся в техноценотической эволюции к квазибесконечности. Этим, в принципе, и определяются доминанты развития рассматриваемых системообразований. Практический путь их реализации формируется через инспекцию прогрессивности развития новой техники на адекватность ее выхода на магистраль, с «разгоном» развития через опорные направления развития прогрессивного, выявленного в серии наших исследований.

Заметим, что экономика есть причина и следствие научно-технического прогресса (НТП), ее системоэкономические основы есть, по существу, системо- и средоформирующий мотиватор технологии прорывного развития систем. Здесь требуется принципиально обеспечить условия, в которых бы новая техника непрерывно совершенствовалась, наращивая целевую эффективность; быстро подстраивалась под внешние условия рыночной или силовой конъюнктуры; могла быстро разрабатываться и производиться; позволяла обеспечивать «скользящую» модернизацию и плавные замены в эксплуатации без «просадки» целевой эффективности, парируя моральный износ; могла быстро обеспечивать развертывание (свертывание) своей целеориентированной структуры и изменять уровень целевого потенциала по спросу; при этом могла, способствовать наращиванию свойств мобильности и маневренности как промышленных, так и эксплуатирующих структур; обладала возможностями обеспечить ускоренную, малоемкую по ресурсам и времени реакцию на среду. При этом собственно прогрессивность развития систем характеризовалась бы как направленная, непрерывная, безынерционная в отклике на возмущения среды.

Наши исследования дают основания полагать, что для этого необходимо, во-первых, обеспечить технологический переход от систем принципиально закрытых к системам принципиально открытым, во-вторых, обеспечить в реформируемом промышленном комплексе специально организованную под такие цели развития его системную интеграцию и, в-третьих, создать эксплуатирующие комплексы, позволяющие как быстро реагировать на любые изменения среды, так и находиться в режиме ожидания требуемой длительности с перманентным наращиванием новизны в «пролеживании», упреждая спрос, обеспечивая как удовлетворение локальных услуг или экспорта под запрос, так и выполнение других требований на целевое функционирование.

Искомый технологический переход от принципиально закрытых к принципиально открытым системам предопределен выходом на модульную стратегию развития (МСР) систем, адекватную новой парадигме развития, смена которой, по С. Глазьеву, и означает переход в новую технологическую эпоху и выход на новый технологический уклад. Именно МСР систем является адекватной концептуальной и технологической основой для воспроизведения общесистемной закономерности скоростного малоресурсоемкого развития на минимуме «энергетического поля поведения» систем при время-ресурсном дефиците. Она является лишь техногенно организационным слепком с живого, способного эффективно парировать негативные воздействия внешней среды, не тратя при этом лишних (в системоэкономическом смысле) усилий, а значит, и «энергии» на развитие и функционирование, т. е. затрат всех видов ресурсов при ее адекватной реализации в компонентах системной триады больших систем.

На начальном этапе разработки школой С. А. Саркисяна системоэкономической концепции модульной стратегии развития новой техники, еще на стыке 1960–1970-х гг., авторы столкнулись с попытками разработчиков выйти от изделия к изделию на так называемую максимальную унификацию и создать некую универсальную систему, тем самым попав, при явной унификации «по максимуму», на тупиковую ветвь развития.

Здесь почти наглядно обозначился выход на первую точку бифуркации систем, базирующихся в развитии лишь на унификацию во времени («временную унификацию»). Избыточность («переразмеренность») систем, сформированных на такой основе, стали очевидным препятствием в разработках подобных объектов. В это же время авторы пытались активно внедрять в практику разработок методологические основы и принципы иного пути развития новой техники – не только через временную унификацию, но и через полную ее композицию с наличием и «пространственной (иерархической) унификации», тем самым обеспечив выход из тупика развития базированием на МСР. С этой целью разрабатывались основы ее теории, опорные классификации, базовый терминологический аппарат, основы методологии, первичные методы и средства ее адекватной реализации, основы системоэкономического сопровождения в формировании искомой эффективности.

Таким образом, разработчики стремились к максимальной унификации и «универсализации», авторы же привнесли в такие попытки иной подход к разработкам новой техники через их базирование на основы модульного агрегатирования (построения) в обход означенных тупиков развития и, в итоге, научно-практический выход на методологию, принципы, методы и на технологию (в широком смысле) модульной стратегии развития систем с обоснованием ее комплексной эффективности и принципиальной реализуемости.

Однако в силу разного рода причин основы концепции МСР были реализованы лишь как попытка обеспечить первичные признаки модульного построения систем на примере изделия Х-25М. Авторы, принимая активное участие на каждой стадии этих разработок и внедряя новые знания о прогрессивном развитии новаций, все же не смогли фундаментально «нарушить» устойчивые представления разработчиков о существующих принципах оптимальности развития Сложного. В дальнейшем, глубина познания нелинейного мира позволила авторам создать целостную системоэкономическую концепцию модульной стратегии развития новой техники, а разработчикам – искать пути преодоления технологического консерватизма с опорой на уже отработанные попытки создания лишь ограниченного числа отъемных частей в составе создаваемых систем.

Модульная стратегия развития как целостная системоэкономическая концепция все же не получала широкого признания и тем более внедрения. Ее искажения и представления в консервативной среде привели к широ-

кой разнопонимаемости и разнореализуемости даже принципов модульного построения изделий, не говоря уже о стратегии развития системной триады больших систем в обеспечении ее декларируемой асимметричной реакции на угрозы. Такие искажения отчетливо проявились в последние несколько лет, где наблюдается постоянное смешение таких понятий, как образец, система машин, семейство технических систем, новая техника, модульный принцип построения технических систем, модульные системы, блочно-модульные системы и, наконец, модульная стратегия развития.

Современные условия формирования техносферы будущего можно рассматривать как совокупность системоэкономических доминант развития Сложного в виде становления устойчивого прогрессивного развития систем на базе ускорения НТП, повышения комплексной эффективности высокотехнологичных комплексов и рациональной интеграции в международное технологическое сообщество; становления единых межвидовых систем высокой степени интеграции и активного проявления адаптивных; формирования системоэкономических приоритетов в развитии базовых технологий; интернационализации усилий в решении глобальных проблем развития; время-ресурсного дефицита в конкурентном взаимодействии со средой; асимметрично-адекватного отклика больших систем или рассматриваемого целого в ответной реакции на возмущения внешней среды.

Такие прогрессивные направления развития целого в таких условиях с необходимостью должны ориентироваться на системоэкономическое целеполагание развития Сложного; на целесообразную целостность развития сложноорганизованных системообразований; на непрерывное, направленное, упорядоченное, эволюционное развитие; на технологический сдвиг в развитии и функционировании систем от принципиально закрытых (унитарных) к принципиально открытым; на взаимообусловленную пространственно-временную координацию частно-целостных компонент целого в коэволюции системной триады больших систем; на системообразующий переход в парировании внутренней угрозы деградации систем, или от перманентного прямого, директивного и необоснованного сокращения разнообразия систем к прямому «охранению» разнообразия («необходимого» в смысле системного Эшби-принципа), а также от разрушительной максимальной унификации (ее не может быть по определению) к созидательной макростандартизации с ее системной триадой компонент в виде комплексной унификации, масштабной полификации (модульного агрегатирования) и собственно микростандартизации совместимости первичных элементов систем.

Вместе с тем, отмеченная технологическая способность к безынерционной трансформации заложена в целостную системоэкономическую концепцию модульной стратегии развития сложных систем и системообразований, разрабатываемую авторами как теоретический базис обеспечения технологического прорыва новой техники на магистраль глобального развития. При этом, такое развитие есть развитие принципиально непрерывное, при котором его эволюционная основа порождает и формирует контуры технологии прорывного развития систем «малыми приращениями к технологическим сдвигам».

Значимая особенность описанного поведения состоит в воспроизведении развитой всевидовой адаптации как собственно технических систем, так и их сложноорганизованных системообразований в виде техноценозов. Причем техноценозов модульных, с модульной непрерывно развивающейся переменной распределенной структурой, с ее различной подвижностью и стабильностью на разных уровнях иерархии суперсистем и по разным стадиям их «жизни».

Такая пространственно-временная композиция, базируясь на принципах, методах и средствах макростандартизации, являет собой трехмерное пространство динамического формирования любого из возможных на таком пространстве-множестве локальных полифицированных множеств обликов систем, способных обеспечить выполнение любой из задач целевого функционирования, встроенных в их иерархию. Такая динамически переменного объема структура, обладающая признаками техноценотического целого в виде объемных рядов развития с наращиваемой под спрос «пульсирующей», в принципе, структурой на множествах воспроизводство–воссоздание, развертывание–свертывание, ввод–отвод первичных элементов, интеграция–дезинтеграция, динамические запасы–замены, плавная, неразличимая для внешней идентификации смена поколений систем и системообразований, на наш взгляд, обладает базовыми признаками перехода на новый качественный уровень скоростного воспроизводства новизны и «жизни» по спросу и фону развития. Такая метасистема обладает рефлексивным поведением типа «отклик–запрос», которые могут быть принципиально отнесены к становлению в устойчиво-неравновесной среде синергетических начал активного развития сложноорганизованных системообразований или технопопуляций, «оживаемых» в «пульсаре развития».

Исследование специфики и особенностей становления такого пульсара позволяет констатировать возникновение новых признаков техноживления сложных систем и системообразований, таких, например, как квазибесконечность жизненного цикла, развитая всевидовая и разноскоростная адаптация, расширение–сжатие необходимых по спросу потенциальных структур системообразований от потребных и необходимых до минимально достаточных, удерживающих необходимый потенциал системоэкономической устойчивости и др., блокирующих от разрушения целостности и парирования угроз с минимальными усилиями-энерготратами, с возможностями скоростного малоинерционного наращивания целевого потенциала необходимого разнообразия в рефлексивном конкурентном взаимодействии со средой.

Развитие с такими признаками позволяет принципиально реализовать в пространстве признаков открытых систем робастный долгоживущий, постоянно обновляющийся и потенциально самоорганизующийся модульный техноценоз. Такой техноценоз, на наш взгляд, обладает признаками квазиживого техногенного системообразования, определяющего целеполагание и требования на ответную системную интеграцию промышленных структур и адекватное формирование эксплуатирующих

комплексов в интересах воспроизведения адаптивного потенциала такого техноценоза.

Активное становление и запуск в техноэволюцию таких суперсистем, их интенсивное развитие способны предопределить искомую стратегическую реакцию СТБС и перспективы формирования контуров технологии прорывного развития Сложного. Выход на такое прогрессивное развитие, как нам представляется, исторически предрешен, при этом, заметим, что эффективное преодоление негативных последствий консервативного развития систем с воспроизведением закрытых унитарных систем возможно лишь с опознанием новой парадигмы ценотического популяционного развития – парадигмы, определяющей, в принципе, технологический сдвиг развития Сложного в область становления «системоэкономической техноэтологии» или границы принципиально возможного существования и активного воспроизведения феномена оживления новой техники с адекватизацией среды развития рассматриваемых системообразований.

Таким образом, развитие систем адекватно новой парадигме, в контексте системоэкономической концепции модульной стратегии их развития, на наш взгляд, необходимо рассматривать как развитие открытых систем с переменной структурой в техноэволюции; как техноценотическое, упорядоченное и направленное системоэкономическим целеполаганием на формирование поля прорывных технологий; диффузионно-бифуркационное с десинхроноз-резонансным переходом в гомеорезе к техногенному динамическому гомеостазу; бихейвористическое, ориентированное на синергетическую магистраль с формированием синергетических свойств техноценотических целесообразностей, ведущих при взаимодействии с агрессивной внешней средой к динамической устойчивости их целевого потенциала; с демпфированием негативных следствий гомеоклаза в морфофункциональном хронотопе.

Именно такое развитие обладает, на наш взгляд, признаками развития глобального. Его полномасштабное описание предполагает формирование и перманентное совершенствование соответствующего комплекса глобального моделирования.

Здесь уже собственно новая техника, развиваясь в адекватной системоэкономической среде, являет собой непрерывно развивающуюся в техноэволюции технопопуляционную целостность-техноценоз. Такое развитие является принципиально ценотическим и исторически закономерным с принципиальным базированием на траекторию МСР, которая в своей основе реализуется принципиально открытыми техническими системами с переменной распределенной структурой. Модульный принцип построения и «взведения» систем, собственно модульное исполнение, помодульное развитие и помодульное лексикографическое комплексирование в трансформации целого по предназначению, а также адекватная системная интеграция и реформирование объектно-ориентированного промышленного комплекса формируют в техноэволюции новую технику под спрос как техноценозы со свойствами развитой адаптации.

Такие системы принципиально способны обрести искомые робастные свойства при адекватном системоэкономическом управлении их развитием с перманентной модернизацией и пролонгацией их жизни с плавной сменой поколений, без «просадки» эффективности, с последовательным формированием поля прорывных технологий в развитии Сложного курсом на синергетическую магистраль глобального развития.

Безальтернативность модульной стратегии развития систем как общесистемной закономерности направленной интенсификации их развития с малой энергоемкостью доказана в серии наших работ, ее реализуемость показана практическими внедрениями в реальные конструкции и технические концепции ряда перспективных систем. В итоге, были, хотя и фрагментарно, подтверждены даже самые смелые теоретические предположения.

Однако ведомственные и корпоративные интересы, субъективизм восприятия объективных технологических сдвигов и системоэкономических явлений не позволяли до последнего времени рассматривать модульную стратегию развития систем как одну из базовых технологий становления магистрального развития техносферы будущего и ее адекватного воспроизводства.

Общесистемный характер данной проблемы, контуры магистрали глобального развития систем все же предопределили внимание к данной проблематике и оживление активности некоторых лиц, принимающих решения, различного уровня, определяющих в настоящее время индустриальный облик и перспективы развития новой техники. При этом, заметим, что наиболее прогрессивные для своего времени теоретические и прикладные разработки, в рамках концепции модульной стратегии развития систем, и даже конструкторские наработки в этом направлении были на долгие годы положены «под сукно».

Однако в нынешних условиях системоэкономических доминант есть все основания к интенсивному приоритетному развитию данной области знаний, ее практических приложений с новыми возможностями становления техносферы и индустрии будущего. При этом контуры нового технологического прорыва становятся явно различимы – его предпосылки уже не могут быть не замечены, а следствия не опознаны.

Оптимизм относительно выхода на прогрессивное развитие систем и контуры технологии прорывного развития при базировании на системоэкономической концепции модульной стратегии развития основан на ряде практических реализаций наших теоретических и прикладных разработок. Здесь необходимо отметить весьма значимую роль в смелых новациях ряда талантливых конструкторов в ответ на наши теоретические разработки. Для них развивающаяся целостность уже не есть только теория, она стала практической реализацией начал формирования контуров выхода на траекторию магистрального развития систем. Их разработки и решения могут оказаться ведущей компонентой стратегической инициативы в становлении прогрессивных направлений развития новой техники и дают нам основания рассчитывать на то, что системоэкономическая концепция и технология модульной стратегии развития техноценозов способна стать важной составляющей стратегической доминанты прорывного развития техносферы будущего и одной из ее приоритетных базовых технологий.

Вместе с тем существующая практика и отношение к перспективам развития Сложного не отличается должным вниманием к признакам и системным проявлениям нового технологического этапа в ускорении НТП со сменой парадигмы развития, что приводит к неадекватным решениям по созданию новой техники, по реформированию ориентированных на ее создание и использование промышленных и эксплуатирующих структур. Неучет фундаментальных основ, принципов и положений целостной системоэкономической концепции модульной стратегии развития систем в перспективах развития новой техники способен разрушить зарождающуюся «жизнь» техногенных сообществ в рассматриваемой сфере деятельности.

Адекватное восприятие синергетических начал в формировании их направленного поведения способно сформировать современное представление о прогрессивном развитии новой техники и возможностях формирования контуров технологии прорывного развития в перспективах становления техносферы будущего в рассматриваемой сфере деятельности, а МСР систем при этом рассматривать в качестве одной из базовых технологий прогрессивного развития новой техники с адекватным отражением, например, в соответствующих государственных программах и в перечне базовых технологий РФ, а также при уточнении приоритетных направлений развития науки, техники и технологий.

В этом случае появляется реальная возможность прорыва в становлении техноценотических новаций с развитыми свойствами их адаптивного поведения под варьируемый спрос с формированием на такой основе асимметричного отклика системной триады больших систем в стратегической реакции на угрозы в современных условиях глобальной конкуренции.

I. L. Kuprin, A. D. Davydov

SYSTEM AND ECONOMIC CONCEPT OF THE MODULE STRATEGY OF THE HIGH-TECH COMPLEXES DEVELOPMENT AS HIGHWAY FOR CREATING TECHNOLOGICAL CONTOUR OF THE BREAKTHROUGH SYSTEMS DEVELOPMENT

Authors research the actual scientific and practical problem of the creating, accelerating and low resources development of the systems for realization the necessary strategic response of complex systems to threats. The complex systems are described as a system triad: the fleet of the technical systems as the complex forming and system formation, industrial and exploitation organizations for adequate reproduction and operation reading of this fleet.

Authors substantiate that needed strategy response may be given beforehand while the development of new techniques is based on the basic propositions and principles of the integrity system economic conception of the strategy of the module development. Such strategy of the development is suggested as a basis structure for the contours of the breakthrough development of innovation technology.

Keywords: strategy of the module development, paradigm of development, technocenosis, contours of the breakthrough development, synergetic highway of global development.

УДК 338.43

Л. В. Калягина

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АГРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ: СУЩНОСТЬ, ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Рассмотрен понятийный аппарат и терминологические особенности в вопросе устойчивого развития системы. Выявлены пути перехода к устойчивому развитию: планирование и организация развития систем; улучшение социально-экономических условий жителей; развитие самоуправления; диверсификация производства; ускоренное развитие альтернативных видов деятельности и др.

Ключевые слова: устойчивость, развитие, социально-экономическое выравнивание, экология.

В 1992 г. на Конференции ООН по окружающей среде (г. Рио-де-Жанейро), официально был провозглашен тезис о социально-экономическом сбалансированном развитии, не разрушающем окружающую природную среду и обеспечивающем непрерывный прогресс общества. Соответственно, было введено понятие «sustainable development», которое было переведено на русский язык как «устойчивое развитие». Если обратиться к оксфордскому словарю, то исходное английское понятие «sustain» означает «выдерживать» в следующем смысле: «Выдержит ли ветка яблони наливающиеся плоды, не сломается ли она?» Применительно к развитию человечества поня-

тие «sustainable development» как раз и означает развитие, не наносящее необратимый ущерб окружающей природной среде. Следовательно, предлагаемый перевод введенного понятия на указанной конференции является очень приблизительным. Тем не менее термин «устойчивое развитие» получил широкое применение в законодательной практике нашего государства и был закреплен в ряде нормативных документов. Например, в Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, утвержденной Указом Президента РФ от 01.04.1996 г. № 440, под устойчивым развитием общества следует понимать развитие, «…обеспечивающее сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей». Главным и определяющим здесь является условие сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала Земли.

Сохранение благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала Земли, в первую очередь, связано с жизнедеятельностью людей в различных производственных отраслях и, в частности, в агропромышленном производстве, обеспечивающем население Земли продуктами питания.

Правовой вакуум, создавшийся в системе аграрного законодательства после отмены Федерального закона «О государственном регулировании агропромышленного производства» от 14 июля 1997 г., заполнил Федеральный закон № 246-ФЗ от 29.12.2006 г. «О развитии сельского хозяйства», в ст. 4. п. 1 которого дано понятие сельскохозяйственного производства. Под сельскохозяйственным производством признается совокупность видов экономической деятельности по выращиванию, производству и переработке, соответственно, сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, в том числе оказание соответствующих услуг.

В этом же законе (ст. 5) дано определение понятий «государственная аграрная политика» и «устойчивое развитие сельских территорий», где государственная аграрная политика представляет собой составную часть государственной социально-экономической политики, направленной на устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Под устойчивым развитием сельских территорий понимается их стабильное социально-экономическое развитие, увеличение объема производства сельскохозяйственной продукции, повышение эффективности сельского хозяйства, достижение полной занятости сельского населения и повышение уровня его жизни, рациональное использование земель.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что благодаря относительно неточному переводу с английского языка понятия «sustainable development» была внесена путаница в трактовку понятия устойчивости – устойчивости с позиций выживаемости человечества и устойчивости с позиций обеспечения положительного тренда в неравномерном (с ускорениями и замедлениями) социально-экономическом и техническом развитии.

Поэтому оказывается, что под устойчивым развитием сельского хозяйства можно понимать как устойчивость в смысле социально-экономического и технического развития, наращивания объемов производства и повышения его эффективности, так и устойчивость в смысле обеспечения сбалансированного с позиций природно-ресурсных возможностей развития, которое достигается прежде всего за счет ограничения либо сокращения производства, способного навредить окружающей среде. Это далеко не одно и то же, хотя очень взаимосвязано. На протяжении большого временного интервала целесообразно стремиться к повышению эффективности аграрного производства на основе энерго- и ресурсосберегающих технологий, использованию возобновляемых ресурсов и с обязательным сохранением окружающей среды. Следовательно, чтобы подчеркнуть разницу в этой терминологии, правомерно заменить термин «устойчивое развитие сельского хозяйства» на «устойчивое развитие агроэкономической системы» в соответствии с первым подходом к определению устойчивости либо на устойчивое развитие «агроэкологической системы» в соответствии со вторым подходом. Дословно понятие «агроэкономический» можно перевести как «экономное использование земли или экономика землепользования» и, соответственно, экономика производства, связанного с использованием земли и животных.

Эту замену понятий также можно объяснить тем, что понятие «сельское хозяйство» в настоящее время некоторые ученые начинают трактовать шире, чем прежде. Исторически сложилось, что под сельским хозяйством понимается только собственно производство, связанное с использованием земли и животных. Так повелось с тех времен, когда крестьянство занималось только данным видом деятельности. В настоящее время ситуация иная: на сельских территориях, в сельских поселениях существует достаточно сложная инфраструктура с электрическими сетями, дорогами, объектами коммунального обслуживания и т. п. Действуют строительные и иные предприятия и организации, что расширяет рамки сельского хозяйства, включая в современной трактовке отрасли, не связанные непосредственно с использованием земли. В недалеком прошлом считалось, что цели устойчивого сельскохозяйственного и сельского развития идентичны. Однако на текущий период времени в развитых странах сельскохозяйственное производство более не является основным сектором экономики в сельских регионах. Так, за период с 1983 по 2003 гг. в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) сельскохозяйственная занятость населения значительно сократилась, особенно в странах, где сельскохозяйственный сектор изначально составлял значительную часть экономики: в Турции с 52 до 34 %, в Греции с 30 до15 %, в Испании с 20 до 5 %, в России в 2000 г. было занято в сельскохозяйственном производстве, лесном хозяйстве и охотой всего 13,9 % от общей численности населения, занятого экономикой страны, а в 2006 г. эта цифра снизилась до 10,6 %. В связи с происходящими изменениями в Реформе единой аграрной политики Евросоюза 2003 г. сместился акцент с сельскохозяйственного производства на развитие сельской экономики и охрану окружающей среды, отразив тем самым переход от отраслевого подхода к территориальному с сильным фокусом взаимодействия сельского хо-

зяйства и окружающей среды. Особенностью рынка труда в сельской местности развитых стран является увеличение численности населения сельской местности, занятого несельскохозяйственным производством. Например, в Японии 60 % фермеров только частично заняты сельскохозяйственным производством, при этом из этого числа фермеров значительную часть составляют пенсионеры, которые занялись работой в сельскохозяйственном секторе экономики после выхода на пенсию и окончания трудовой деятельности в других отраслях экономики. В 2003 г. в странах ЕС 54 % фермеров были заняты в сельскохозяйственном производстве только часть рабочего времени.

Указанные тенденции вызваны, в первую очередь, тем, что сельскохозяйственное производство не является больше основным сектором экономики в сельских территориях.

Изменения в социальной и экономической сферах, происшедшие в странах Европейского союза (ЕС) и ОСЭР за последние десятилетия, привели к переориентации государственной политики многих стран в развитии сельских территорий на использование территориального подхода при сокращении поддержки непосредственно сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Следовательно, производство, связанное с использованием земли и животных, целесообразнее называть аграрным (аграрный (от лат. «agrarius») – земельный, относящийся к землевладению, землепользованию; агро (от греч. «agros») – указывает в сложных словах на отношение этих слов к земле). Это менее привычный термин, но более адекватный его сущности и указывающий на вид деятельности. Прилагательное «сельское» происходит от древнерусского понятия «селение», т. е. заселенное место, где поселились люди. Поэтому слово «сельский», как производное от понятий «селиться», «заселенный людьми», правильнее относить ко всему, что связано с территориальным расселением жителей, а не с деятельностью на земле и с использованием животных.

Позднее, с развитием и урбанизацией крупных поселений выкристаллизовалось понятие города, а за сельской местностью осталось понятие заселенных людьми пространств земли вне этих городов. По отношению же к городу мы ведем речь только о территории. Понятие городской местности вообще отсутствует. Понятие территории связывается, в первую очередь, с определенными границами, нежели с какими-либо иными признаками, поэтому, хотя под сельской местностью и сельской территорией мы подразумеваем практически одно и то же, все же по аналогии с понятием «городская территория» видится более приемлемым применение в официальных материалах понятия «сельская территория». Таким образом, сельская территория – земное пространство за пределами урбанизированных территорий, населенное людьми и характеризующееся общностью каких-либо признаков (природных, исторических и др.).

С термином «аграрный», которое является иностранным словом, близко по значению истинно русское слово «деревня» (вероятно, от др.-рус. «деру, драть» – расчищать землю от леса, распахивать целину). В узком, исторически сложившемся в русском языке значении термина, это небольшое земледельческое поселение, один из видов сельских населенных пунктов. Название «деревня» бытовало в Северо-Восточной Руси в XIV в. и оттуда распространилось по другим областям Средней России. В историческом срезе другим типичным видом поселений в этих областях было село, отличавшееся от деревни, главным образом, большими размерами, часто наличием помещичьей усадьбы или церкви (в советское время – местонахождением сельсовета); более мелкие поселения носили названия выселков, починков, хуторов, заимок и т. д. В широком значении понятие «деревня» охватывает не только все виды постоянных поселений, жители которых – сельхозрабочие и др. – заняты, главным образом, в сельском хозяйстве, но и весь комплекс социально-экономических, культурно-бытовых и природно-географических особенностей и условий жизни. Термин «деревня» обычно трактовался как социально-экономической категория, противопоставляемая городу. Социально-экономическая специфика понятия «деревня» определяется непосредственной связью ее жителей с землей, хозяйственным освоением территории и использованием ее природных ресурсов путем направленной, преобразующей деятельности в различных отраслях сельского хозяйства. Отсюда – рассредоточение деревни, сравнительно небольшие размеры сельских населенных пунктов, приспособление к природной среде по основным видам занятий, сезонной цикличности работ, расселению и многим другим сторонам жизни. Отсюда же и сравнительно небольшое разнообразие занятий, меньшая степень разделения труда и более низкий уровень коммунального и культурного обслуживания по сравнению с городом. Для деревни характерна устойчивость образа жизни, традиций и т. п.

В географии и этнографии при характеристике деревень как сельских поселений отмечаются особенности их размещения на территории, т. е. тип заселения местности (например, редкоочаговый в северных приполярных районах, гнездовой в лесной зоне, скученный в земледельческой полосе и т. п.), размеры или людность селений, а также форма их пространственной организации (например, беспорядочно-кучевые деревни, рядовые деревни, уличные деревни и т. п.). Особо выделяются специфические сочетания типа заселения и формы поселений: так, для горных районов обычно характерен так называемый очаговый тип заселения с концентрацией поселений в горных изолированных долинах и вместе с тем – беспорядочное вертикально-ступенчатое расположение строений внутри селения.

В современной научной теории под территорией подразумевают определенную часть социального (в первую очередь, население), природного (в том числе природно-ресурсного и экологического), экономического, инфраструктурного, культурно-исторического и собственно пространственного потенциалов государства, которая находится в юрисдикции субфедеральных или местных (муниципальных) органов власти. Таким образом, территория или территориальное образование – это совокупность пространственно совпадающих частей социального, природно-ресурсного и иных потенциалов государства, по отношению к которой можно производить соответствующие регулятивные действия как со стороны го-

сударства, так и со стороны органов власти или самоуправления этой территории.

Территория может быть названа и региональной системой. В современной специальной литературе подчеркивается, что точнее бы назвать регионы системно-конгломератными структурами, для которых понятия «единство» и «целостность» идеальное, а не реальное понятие. Под регионом обычно понимается социально-экономическая пространственная целостность, характеризующаяся структурой производства, наличием всех форм собственности, концентрацией населения, рабочих мест, условий духовной жизни человека, а также имеющая местные органы управления своей территорией (область, край, республика).

Современные авторы-экономисты считают, что территориальное развитие не может полноценно осуществляться в виде стихийного саморазвития или «самонастройки на устойчивость». Практика показывает, что в крупных региональных системах очевиден конфликт интересов, а малые не могут со-противляться внешним разрушительным воздействиям. Понятно, что регулирование процессов территориального развития не может быть «суммой несвязанных регулятивных действий» в сфере экономики, охраны окружающей среды.

Основным показателем территориальной устойчивости, по мнению отечественных экономистов, является сбалансированность, т. е. особая для каждой региональной системы пропорция составляющих ее потенциала, обеспечивающая устойчивость, а также социальная ориентация развития системы. К важнейшим показателям территориальной устойчивости можно отнести также социальную ориентацию – «наиболее очевидный и до сих пор наименее учитываемый признак территориального развития – оценка вектора и количественных параметров региональных ситуаций, прежде всего, по тому, как они влияют на уровень и качество жизни населения» [1].

Исходя из современных трактовок полноценного устойчивого развития территорий регионов, устойчивое развитие сельских территорий можно охарактеризовать как равномерное наращивание позитивных социальных показателей (рост показателей жизненного уровня населения, образованности, здоровья) в полном соответствии с экономическим и экологическим развитием сельского региона. На личностно-мотивационном уровне эти показатели проявляются в росте удовлетворенности населения сельских территорий жизнью в целом, собственными социально-экономическими перспективами и перспективами своих детей, соответствующим ростом показателей удовлетворенности основными условиями сельской жизнедеятельности.

Анализ развития сельских территорий в новых социально-экономических условиях предполагает исследование наличия социальных факторов, без которых невозможно устойчивое развитие сельских территорий. Очевидно, что устойчивое развитие сельских территорий определяет, с одной стороны, внешние важнейшие природно-ресурсные ограничения (на отдаленную перспективу), а с другой стороны, определяют возможности социально-экономического развития сельских сообществ, развития хозяйствующих субъектов, природообустройство и многое другое. Это очень широкий спектр проблем, который в России, да и в ряде других стран мира, в настоящее время рассматривается с различных позиций. В одном случае рассматриваются преимущественно экологические аспекты, в другом – преимущественно социально-экономические аспекты, определяющие социальный прогресс.

Категория «социальный прогресс» разрабатывалась как отечественными, так и зарубежными учеными. Так, в своем выступлении на Всемирной встрече по устойчивому развитию в Иоханесбурге действительный член Российской академии наук Д. С. Львов подчеркивал, что прогрессу человечества препятствуют три основные проблемы: социальное расслоение и колоссальный рост бедности в мире; ускоряющийся рост техногенных катастроф; ухудшение качественного состава населения Земли вместе с его количественным ростом (Стенограмма парламентских слушаний на тему «Итоги Всемирной встречи по устойчивому развитию в Иоханесбурге и задачи Российской Федерации», 24 сентября 2002 г. С. 11–13). Категория «социальный прогресс», «социальное поступательное движение» в своих общих чертах определяется как диалектическая взаимосвязь духовного и по-требительского начал в личностно-мотивационной сфере человека в его взаимодействии с миром и другими людьми [2]. Русская научная мысль конца XIX – начала XX века, отмечая усложнение общественных отношений, подчеркивала необходимость более тесной взаимосвязи социальных элементов для достижения социального прогресса сообщества. «Прогресс не состоит в одном бесконечном членоразделении. Для образования организма необходимо, чтобы части, органы, ... выделяясь, ... находились в тесной связи между собою...» [3].

В применении к российской действительности, социальный прогресс сельского сообщества должен иметь в идеале целостность, гармонию потребительских и духовных ценностей в развитии сообщества в целом, т. е. не только рост уровня жизни сельских жителей, но и развитие культуры, особенно ее духовных начал.

В ряду качественных социальных категорий непоследнее место занимает понятие «социального равенства». В самом деле, как оценить с позиций социальной справедливости, устойчивости сообщества, возможностей его социального прогресса поляризацию сельского сообщества на богатых и бедных. Расслоение сельского населения произошло не только в узкопотребленческом смысле. Ни для кого не секрет, что миллионы жителей сельских территорий потеряли реальное право на образование, лечение, отдых. С другой стороны, можно ли утверждать, что все разбогатевшие сельские жители получили социальные блага в соответствии со своими социальными заслугами. Традиционная дореформенная концепция социально-экономического развития сообщества трактовала социальное равенство исключительно в смысле уничтожения классов. Сейчас вопрос о социальном неравенстве как двигателе или тормозе социального прогресса в отечественной науке остается открытым. Можно ограничиться лишь общим указанием на то обстоятельство, что необоснованное социальными заслугами богатство

одних членов сельского сообщества и нищета других рассматривается самими сельскими жителями как нарушение социальной справедливости и содействует скорее социальной дестабилизации сельского сообщества, его социальному регрессу.

Реализация на деле со стороны государства и общества прин-ципов социального прогресса и социального равенства в отношении населения сельских территорий в целом предполагает сильное содействие государства в создании достойных условий существования жителей всех сельских территорий, предоставление им приблизительно равных возможностей для получения ведущих социальных услуг в виде образования, здравоохранения, культуры, потребления материальных благ.

Российские ученые неоднократно подчеркивали, что без обеспечения достойных условий существования и уничтожения вопиющего социально-экономического неравенства населения сельских территорий само понятие «развитие», а тем более «устойчивое развитие», теряет смысл. Отсутствие устойчивого перехода к новым условиям жизнедеятельности населения сельских территорий выражается в том, что существенная часть их жителей, обладая высокими социально-экономическими качествами, не проявляет трудовой активности и мобильности, а многие из них затрудняются найти для себя достойное место в резко изменившейся на этапе реформирования многоукладной аграрной экономике. Это ведет к сокращению источников трудового потенциала сельских территорий разного уровня и прогрессирующему развитию таких социально-негативных явлений, как хроническая безработица, бедность, снижение брачности и рождаемости, повышение показателей девиантного и противоправного поведения, самоубийства, социальные противоречия и конфликты. В свою очередь, указанные социально-негативные явления резко снижают качество пространства жизни на селе, ликвидируют основы воспитания основных производительных сил сельских территорий, блокируют формирование устойчивого развития.

В число базовых ориентиров социальной региональной политики принято включать численность населения сельской территории, продолжительность жизни, соотношение между среднедушевым доходом населения и прожиточным минимумом, долю населения с доходами ниже прожиточного минимума в общей численности населения сельского региона, уровень потребления основных продуктов питания (научно-обоснованные нормы питания), уровень безработицы в регионе. К качественным характеристикам жизнедеятельности населения сельских территорий исследователи относят коэффициент старения населения, рождаемость, продолжительность жизни. К показателям, характеризующим снижение уровня жизни, – повышение смертности в трудоспособном возрасте от неестественных причин, уровень заболеваемости инфекционными и па-разитарными заболеваниями, наркоманию и токсикоманию, алкоголизм.

Изучение зарубежного опыта формирования аналитической базы показателей развития сельских территорий и социально-экономической устойчивости (неустойчивости) регионального населения показывает, что в качестве показателей движущих сил изменения устойчивости сельского населения в направлении неустойчивости учитывается, в первую очередь, безработица, бедность, нищета населения сельских территорий. К движущим силам процесса стабилизации сельских территорий принято относить уровень роста народонаселения, уровень всеобщей фертильности, рост населения школьного возраста. Их состояние учитывается с помощью показателей числа отличников среди учащихся, показателей пола в школах для детей различных рас и т. д.

Важным источником устойчивого социально-экономического развития сельских территорий также считается сохранение и стимулирование человеческого здоровья. Здесь среди показателей называют доступ к чистой воде, доступ к оздоровительным и лечебным процедурам, базовые оздоровительные процедуры, пропорциональность распределения возможностей рисков от химизации. К движущим силам экономического характера относят международное сотрудничество по усилению устойчивого развития в странах и внутриполитические отношения (показатели национального дохода, экспорта и импорта).

В настоящее время в Федеральном законе «О развитии сельского хозяйства» определены следующие основные цели государственной аграрной политики Российской Федерации:

– повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции и российских сельскохозяйственных товаропроизводителей, обеспечение качества российских продовольственных товаров;

– обеспечение устойчивого развития сельских территорий, занятости сельского населения, повышения уровня его жизни, в том числе оплаты труда работников, занятых в сельском хозяйстве;

– сохранение и воспроизводство используемых для нужд сельскохозяйственного производства природных ресурсов;

– формирование эффективно функционирующего рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, обеспечивающего повышение доходности сельскохозяйственных товаропроизводителей и развитие инфраструктуры этого рынка;

– создание благоприятного инвестиционного климата и повышение объема инвестиций в сфере сельского хозяйства;

– наблюдение за индексом цен на сельскохозяйственную продукцию, сырье и индексом цен (тарифов) на промышленную продукцию (услуги), используемую сельскохозяйственными товаропроизводителями, и поддержание паритета индексов таких цен (тарифов).

Ряд показателей устойчивого развития нашел отражение в государственной программе развития сельских территорий Российской Федерации на 2008–2012 гг. (см. таблицу).

Проводя «дробление» проблем устойчивого развития агроэкономических систем, можно выделить следующие составные элементы: проблематика социально-экономического развития, природообустройство, сохранение и развитие культурно-исторического наследия и т. п. Социально-экономическое развитие, в свою очередь, связано с проблемами развития гражданского общества и эконо-

мико-производственного обеспечения достойного уровня жизни и деятельности сельских жителей. Важно не только понимание того, как структурируется проблематика устойчивого развития агроэкономических систем, но и того, какие проблемы наиболее актуальны, без решения каких проблем невозможно перейти к устойчивому развитию. В работе [1] выделены следующие наиболее важные проблемы:

– планирование и организация развития сельских территорий на основе саморазвития, начиная с уровня муниципальных образований;

– всемерное вовлечение в процессы самоуправления активных представителей сельского общества;

– диверсификация аграрного производства, ускоренное развитие альтернативных видов деятельности на сельских территориях;

– развитие сельской (не только сельскохозяйственной) консультационной деятельности;

– маркетинг сельских территорий и др.

В Российской Федерации разнообразны условия и возможности развития агроэкономических систем в пределах многих ее субъектов и страны в целом. Поэтому без оценки потенциалов конкретных территорий невозможно разработать стратегию развития региона, отрасли, сельских территорий. Без типологизации агроэкономических систем по их почвенно-климатическим и экономико-географическим потенциалам не обойтись. В масштабах страны, например, необходимо представлять следующее:

– на каких территориях будет складываться эффективное аграрное производство;

– какие территории обладают потенциалами для развития альтернативных видов производств и иной предпринимательской деятельности людей (например, в качестве зон рекреации для многочисленного городского населения регионов, зон ведения традиционных высокохудожественных промыслов);

– на каких территориях следует поддерживать жизнь и некоторую, не очень эффективную, деятельность людей из политических и иных стратегических соображений, в частности, чтобы сохранять контроль над территорией;

– для каких территорий целесообразно сворачивание многих видов деятельности за исключением деятельности, связанной с развитием лесного хозяйства и использованием даров леса, и т. д.

Для решения перечисленных проблем необходимо формирование нового многоаспектного научного направления и соответствующих дисциплин. Необходимо соответствующее организационно-правовое оформление деятельности по переходу к устойчивому развитию агроэкономических систем. Во всем этом немалую роль играет используемый понятийный аппарат, терминология, которые необходимо разрабатывать и закреплять, а также правильно использовать в научной деятельности и законотворчестве.

Библиографический список

1. Баутин, В. М. Устойчивое развития сельских территорий: сущность, термины и понятия / В. М. Баутин, В. В. Козлов [Электронный ресурс] : Режим доступа: http://agromagazine.msau.ru/index.php. Загл. с экрана.

2. Парсонс, Т. Человек в современном мире / Т. Парсонс. М. : Прогресс. 1985. С. 194.

3. Ленин, В. И. О кооперации / В. И. Ленин // Полн. собр. соч. Т. 30. С. 78–82.

Мероприятия по устойчивому развитию сельских территорий и их финансирование из федерального бюджета (млрд руб.)

Мероприятия	Годы				
	2008	2009	2010	2011	2012
Жилищное строительство, обеспечение жильем молодых семей и специалистов	4,5	10,4	12,9	16,3	17,5
Водоснабжение	1,0	3,2	5,4	5,8	6,1
Газификация	1,2	2,3	3,0	3,4	3,6
Другие мероприятия	0,6	2,1	2,7	2,9	2,9
Комплексная застройка и благоустройство пилотных территорий	–	1,1	1,2	1,2	1,2
Итого	7,3	19,0	25,1	29,6	31,3

L. V. Kalyagina

STEADY DEVELOPMENT OF THE AGRO-ECONOMIC SYSTEM: ESSENCE, TERMS AND CONCEPTS

Conceptual apparatus and terminological special features in a question of the steady development of the agro-economic of systems is examined. The ways of passage to the steady development are revealed: planning and the organization of the development of the agro-economic of systems; an improvement in the social and economic conditions of rural inhabitants; the development of self-guidance; product line diversification; the accelerated development of the alternative forms of activity and others.

Keywords: stability, rural, agrarian, development, social and economic balancing, ecology.

УДК 332.1:001.76

Л. М. Мукоед, С. А. Жданов

ФАКТОРЫ ИННОВАЦИОННОГО КЛИМАТА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРИВЛЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЙОНЫ НОВОГО ОСВОЕНИЯ

Рассматривается развитие факторов инновационного климата для привлечения инноваций в районы нового освоения Красноярского края. Анализируется инновационный потенциал Красноярского края, необходимый для развития на его территории районов нового освоения.

Ключевые слова: факторы инновационного климата, инновационный потенциал Красноярского края.

Известно, что для развития инновационной деятельности необходим ряд условий, таких как:

– действующие источники научных разработок;

– система подготовки кадров для науки и инновационной деятельности;

– инфраструктурная поддержка инновационной деятельности;

– законодательное обеспечение.

Уровень развития каждой из этих составляющих и определяет инновационный климат региона.

Первым необходимым условием для развития инновационной деятельности является наличие постоянно действующего источника научных разработок. Таким источником для Красноярского края является наличие развитой сети научных организаций, составляющих в совокупности один из мощнейших в России научных комплексов.

Красноярск – один из крупнейших научных и образовательных центров Восточной Сибири. Основателем красноярской академической науки является академик Л. В. Киренский. На базе возглавляемой им лаборатории физики магнитных явлений в 1956 г. был открыт Институт физики АН СССР, ставший одним из первых академических институтов на территории Сибири. Пять академических институтов (Институт физики, Институт биофизики, Институт леса, Институт химии и химической технологии, Институт вычислительного моделирования) и ряд научно-исследовательских лабораторий составляют Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН). Центр имеет мощную исследовательскую базу и ведет работы по наиболее приоритетным направлениям российской науки. В 1979 г. в Красноярске был открыт филиал Академии наук.

Первыми академическими учреждениями Красноярска были Институт физики, организованный в 1956 г., и Институт леса, переведенный сюда из Москвы в 1958 г. Эти и организованные позже институты биофизики, химии и химических технологий, а также вычислительного моделирования образовали в 1979 г. Красноярский научный центр (КНЦ) СО АН СССР.

Наличие в Сибири значительной части бореальных лесов планеты и научный потенциал Института леса обусловили успешную работу созданного на базе этого института Сибирского международного центра экологических исследований бореальных лесов.

Фундаментальные исследования Института физики им. Л. В. Киренского по физике магнитных явлений и конденсированных сред находят применение при создании новых материалов электронной техники и перспективных средств телекоммуникации и связи.

Институт вычислительного моделирования сосредоточен на изучении интеллектуальных информационных систем и моделировании широкого круга задач – от распространения цунами до программ экологической безопасности населения и окружающей среды в чрезвычайных ситуациях.

В Институте химии и химической технологии создаются научные основы и наукоемкие технологии комплексной, экологически безопасной переработки различных руд и концентратов, угля, древесины, а также возобновляемого и нетрадиционного сырья.

В КНЦ работает специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука», занимающееся доработкой и реализацией научных результатов институтов в опытном и промышленном масштабе. На это же нацелены созданные при Президиуме КНЦ отделы радиотехники и электроники, физики нанофазных материалов, промышленной экологии, а также ряд реализационных структур, учредителями которых являются СКТБ «Наука» и институты центра. В КНЦ из различных реализационных и коммерческих структур сформировался своеобразный холдинг, регулирующий деятельность технопарковой зоны.

Все академические организации Красноярского научного центра совместно с вузами и другими организациями и предприятиями Красноярского края входят в число учредителей Красноярского регионального комплекса науки и образования и участвуют в разработке и реализации научно-технических программ, финансируемых за счет средств федерального и краевого бюджетов. Через этот комплекс осуществляется реализация создаваемых в Центре наукоемких технологий и привлечение для этих целей инвестиций из различных источников.

Сотрудничество с вузами развивается как в научной, так и в образовательной сфере. Институтами КНЦ совместно с красноярскими вузами образовано около двух десятков кафедр, руководимых учеными центра. Часть этих кафедр или их филиалы размещаются непосредственно в академических институтах. Создана локальная информационная система с выходом в Интернет, которая объединяет институты КНЦ и основные вузы Красноярска.

По уровню развития научно-технического потенциала Красноярский край занимает второе место среди регионов Сибирского федерального округа.

При этом край значительно уступает соседним регионам (Новосибирской, Омской, Томской областям) по численности научного персонала, осуществляющего раз-

работки и исследования. В 2005 г. количество исследователей с ученой степенью в крае было в 7,5 раз меньше в сравнении с Новосибирской областью.

По числу созданных производственных технологий край является одним из лидеров в Сибирском федеральном округе. Таким образом, созданная научная школа Красноярска, концентрирующаяся на нескольких направлениях, отражает структуру экономики края и ориентируется на исследования в горнодобывающей и оборонной промышленности.

Красноярский край наряду с Новосибирской областью является одним из лидеров Сибирского федерального округа по количеству регистрируемых патентов и изобретений – в одном из основных показателей экономической эффективности человеческого и научного капитала, отражающем активность научного сообщества.

В Красноярске наиболее развиты следующие направления и научные школы:

– материаловедение и металлургия (включая биологическое выщелачивание золота из руды, сверхчистые металлы и др.);

– геология и горнодобывающая промышленность, включая нефте- и газодобычу в экстремальных северных условиях;

– физика твердого тела, биофизика;

– электроэнергетика;

– химия, включая нефте- и газохимию, атомная промышленность;

– биология и экология, включая замкнутые экосистемы;

– космические технологии, включая космическое приборостроение;

– строительство, включая строительство в сложных климатических условиях, а также специализированное промышленное строительство.

Вторым необходимым условием для развития инновационной деятельности является наличие системы профессионального образования, способной обеспечить высокую квалификацию научных и управленческих кадров.

Рассматривая перспективы и возможные сценарии развития Красноярского края, безусловно, необходимо говорить о трудовых ресурсах, о качестве трудовых ресурсов, о тех специалистах, которые работают и будут работать в крае, поскольку это является одним из важнейших условий развития районов нового освоения. В современных условиях развитие экономики должно осуществляться не экстенсивным, а интенсивным путем, в основном не вследствие увеличения численности занятых, а в результате повышения производительности труда за счет использования новейших технологий, оборудования, высококвалифицированной рабочей силы. При таком сценарии развития обеспеченность региональной экономики рабочей силой, отвечающей современным требованиям, становится ключевым фактором реализации программы социально-экономического развития.

Развитие районов нового освоения потребует значительного количества квалифицированных кадров. На освоение Ванкорского, Юрубчено-Тохомского месторождений и месторождений Нижнего Приангарья потребуются тысячи рабочих-строителей и инженеров-строителей. В настоящее время в крае работает очень много привлеченных с других регионов бригад, работающих вахтовым методом. Поэтому важной задачей является подготовка кадров по новым профессиям, необходимым для реализации инвестиционных проектов по строительству, разработке и освоению нефтегазовых, угольных, металлорудных, золоторудных месторождений, лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отрасли, ЖКХ, машиностроения и металлообработки.

Специфика формирования местного рынка труда заключается в том, что длительное доминирование индустриальной занятости, не требующей высшего образования, обусловило наличие в крае развитой сети учреждений начального и среднего профессионального образования. Красноярский край отличается высокой по сравнению со среднероссийской и средней по регионам Сибирского федерального округа удельной численностью студентов начального и среднеспециального профессионального образования, занимая 16-е место в рейтинге регионов РФ по этому показателю.

В последние годы учреждения начального и среднеспециального профессионального образования стали «кузницей кадров» для реализуемых в крае инвестиционных проектов.

Вместе с тем существуют реальные диспропорции между потребностями экономики и специализацией учреждений начального и среднеспециального профессионального образования. Значительная часть выпускников этих учебных заведений не востребованы на краевом рынке труда в виду несоответствия получаемых ими компетенций требованиям работодателей. Именно спрос рынка труда на работника с четким перечнем компетенций должен формировать требования к образовательным стандартам.

В 2007 г. для выявления потребности предприятий, участвующих в реализации инвестиционных проектов, в квалифицированных рабочих и специалистах Агентством профессионального образования и науки было проведено исследование, результатом которого стал перечень востребованных профессий (специальностей) и перечень необходимых изменений программ на основе квалификационных требований работодателей.

Учитывая, что процесс повышения качества подготовки квалифицированных рабочих кадров продолжителен, недостатки профессионального образования сглаживаются путем установления взаимодействия с бизнесом. Однако работодатели слабо заинтересованы в развитии учебных заведений, так как отсутствуют правовые механизмы мотивации их участия в модернизации профессионального образования.

В рейтинге регионов по удельной численности студентов вузов Красноярский край занимает лишь 32-е место, значительно уступая среднероссийскому и окружному уровням. До недавнего времени Томская, Новосибирская, Иркутская и Омская области формировали «имидж» высшего образования Сибири.

При этом Красноярский край занимает второе место в Сибирском федеральном округе (после Новосибирской области) по числу студентов и является лидером по выпуску специалистов высшими учебными заведениями.

Для преодоления этого отставания в 2006 г. принято решение о создании в Красноярске Сибирского федерального университета на базе четырех красноярских вузов: Красноярского государственного университета, Технического университета, Архитектурно-строительной академии и Университета цветных металлов и золота.

Создание Сибирского федерального университета – точки роста образования в крае и одного из ведущих в будущем центров образования Азиатско-Тихоокеанского региона – обеспечит удовлетворение потребностей экономики в квалифицированных кадрах, специалистах с двойной квалификацией или прошедших обучение по дополнительным образовательным программам и будет стимулировать приток студентов в высшую школу. В результате, численность студентов в учреждениях высшего профессионального образования всех форм собственности увеличится с 173 тыс. человек (в 2006 г.) до 310 тыс.

В последние годы происходят изменения в подходах к системе профессионального образования. Одно из главных направлений в развитии и реформировании профессионального образования – плотное взаимодействие с бизнесом. Большое внимание уделяется преподавательскому составу: педагоги будут переобучаться и повышать квалификацию. Увеличены расходы на материально-техническую базу учреждений начального и среднего профессионального образования.

Одним из ключевых факторов, влияющих на развитие системы начального и среднего профессионального образования, стал спрос рынка труда на выпускаемых работников. В Красноярском крае в связи с реализацией проектов развития районов нового освоения постоянно увеличивается потребность в специалистах рабочих профессий. Так, ежегодная кадровая потребность в этих работниках на освоении Ванкорского месторождения составляет более 4 тыс. человек, а в Нижнем Приангарье – около 4,5 тыс. человек. В связи с востребованностью подобных специалистов возникает необходимость качественного изменения системы обучения в начальных и средних профессиональных учреждениях.

Для повышения уровня востребованности выпускников системы начального и среднепрофессионального образования на краевом рынке труда необходимо обеспечение соответствия полученных ими знаний требованиям работодателей, учет требований работодателей при разработке образовательных программ. Процесс повышения качества подготовки рабочих кадров и специалистов достаточно длительный по времени, поэтому недостатки профессионального образования в той или иной мере могут быть сглажены путем оперативного решения вопросов по нескольким направлениям: внутрифирменной подготовке (переподготовке) рабочих кадров и специалистов, «доводке» работников до требований работодателей конкретного производства; тесному сотрудничеству предприятий с образовательными учреждениями в форме организации производственной практики учащихся и трудоустройства выпускников; подготовке (переподготовке) мастеров производственного обучения образовательных учреждений.

Одной из основных проблем в экономике является отсутствие эффективной связи науки с производством и действенных механизмов доведения научно-технологической продукции до уровня товара. Как известно, наиболее эффективной моделью взаимодействия науки, образования и производства, связующим звеном между разработчиком и потребителем инновации, между научной идеей и ее практическим воплощением является инновационная инфраструктура.

Инновационная инфраструктура – это система взаимосвязанных и взаимодополняющих организаций различной направленности и различных организационно-правовых форм, а также порядок их взаимодействия, которые обеспечивают реализацию этапов инновационного процесса, начиная с технологического освоения законченной научной разработки. Инновационная инфраструктура является одним из основных элементов национальной инновационной системы. Последняя включает в себя совокупность правовых, финансовых, социально-экономических и информационных институтов, характерных для данного государства и оказывающих влияние на условия протекания инновационных процессов.

Опережающее целевое и качественное развитие инновационной инфраструктуры является весьма перспективным и дающим высокий социально-экономический эффект, если ставить целью рост благосостояния населения региона и стремиться к его ускоренному развитию. В настоящее время в районах нового освоения отсутствует сформированная инновационная инфраструктура, поэтому создание инновационной инфраструктуры, обеспечивающей высокую эффективность реализации инновационных проектов, является важнейшей проблемой, требующей оперативного решения.

Таким образом, от уровня развития инновационной инфраструктуры, от качества ее функционирования будет зависеть не только скорость осуществления инновационных преобразований в экономике, их стоимость и результативность, но и возможность реализации любого инновационного проекта.

На данной стадии развития районов нового освоения в связи с отсутствием объектов инновационной инфраструктуры представляется маловероятным развитие в рамках этих районов производственно-технологических составляющих инновационной инфраструктуры, таких как инновационно-технологические центры, инновационно-промышленные комплексы, технопарки и т. д. Повышение инновационной активности районов нового освоения – это не только и не столько привлечение капитала в конкретные НИИ и лаборатории, сколько создание и развитие необходимой инфраструктуры.

Необходимо структурно разделять объекты инновационной инфраструктуры согласно территориально-экономическим условиям районов нового освоения. При кластерной структуре развития экономики районов нового освоения предпочтительно направить основные усилия на создание элементов консалтинговой инфраструктуры, к которым относятся центры трансфера технологий (ЦТТ), информационно-аналитические центры, направленные на построение развитой инфраструктуры поддержки инновационной деятельности и быстрой передачи полученных результатов научных исследований, обладающих коммерческим потенциалом, в предприни-

мательский сектор районов нового освоения для производства и вывода на рынок новых наукоемких товаров и услуг. Это позволит преодолеть проблемы территориального разобщения стадий инновационного цикла в рамках научно-технологического кластера. Развитие производственно-технологической составляющей инновационной инфраструктуры необходимо осуществлять на территории с развитым научно-технологическим потенциалом и при надлежащих социально-экономических условиях.

Инновационная инфраструктура Красноярского края – это подсистема в структуре региональной инновационной системы. Она должна быть направлена на содействие и поддержку осуществления трансфера технологий при реализации инновационных проектов. Эта подсистема сама имеет сложную структуру. Ее элементы – это программы и проекты поддержки инновационной деятельности, а также выполняющие их организации; эти элементы взаимосвязаны и взаимодействуют между собой и с другими элементами в структуре инновационной деятельности.

В свое время связующим звеном между промышленностью и наукой были отраслевые научно-исследовательские институты. А на сегодняшний день большая их часть если и не прекратила свое существование, то значительно ослаблена. Но если говорить о серьезных инновациях, то здесь, как правило, соединяются интересы Академии наук (в данном случае Красноярского научного центра СО РАН), вузов и крупных субъектов реального сектора экономики.

В России лидирующая роль в развитии инновационной деятельности принадлежит высшей школе, имеющей многолетний опыт сотрудничества с промышленностью, а также широкую сеть отраслевых лабораторий. Важным социальным аспектом инновационной деятельности является кадровый потенциал, который в значительной мере сохранен в вузах.

В условиях отсутствия в регионе сформированной инновационной системы, обеспечивающей внедрение наукоемких технологий в реальный сектор экономики, развитие получают лишь разрозненные ее элементы.

Несмотря на ежегодный рост, сегодня только 6,7 % общего количества организаций осуществляют технологические инновации, что ниже среднероссийского и среднеокружного уровня.

В целях поддержки инновационной деятельности вузов, академических и отраслевых институтов Красноярского края, выполнения инновационных научно-технических проектов, развития новых наукоемких технологий, конверсионных процессов, в 1998 г. был создан Красноярский инновационный центр (КИЦ), целями которого являются следующие:

– содействие проведению государственной политики формирования рыночных отношений в научно-технической сфере путем поддержки издания и развития инфраструктуры малого инновационного предпринимательства в Красноярском крае;

– координация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполняемых в академических, отраслевых институтах и вузах с потребностями промышленного комплекса края;

– координация работ в регионе по научно-техническим программам Министерства образования Российской Федерации, Министерства наук России;

– развитие малого предпринимательства в научно-технической сфере, инновационной деятельности вузов, академических и отраслевых институтов и выполнение инновационных научно-технических проектов, направленных на развитие науки, создание и внедрение новых наукоемких конкурентоспособных технологий на предприятиях региона;

– проведение экспертизы, конкурсного отбора научно-технических проектов, новых технологий, отраслевых, региональных программ, обеспечивающих создание конкурентоспособных образцов техники и продукции, способствующих насыщению рынка произведенными на их основе товарами;

– поддержка и внедрение новых технологий и ноу-хау с использованием патентов;

– привлечение на конкурсной основе субъектов предпринимательства, отечественных и иностранных инвесторов к реализации научно-технических инновационных программ.

В Красноярском крае 5 ноября 1992 г. впервые в России был создан региональный фонд науки. Его учредителями выступили администрация края и Краевой совет народных депутатов.

Основная задача фонда – поддержка наиболее перспективных научных исследований и разработок ученых края на основе тщательно построенной процедуры экспертизы и отбора подаваемых на конкурс проектов. Это определило как основные направления деятельности (гранты на фундаментальные исследования, образовательные гранты, конкурсы прикладных научно-технических разработок, поддержка проведения научных конференций, стипендии и премии для молодых ученых), так и структуру фонда, в которой четко разделена компетенция всех органов.

В состав Совета попечителей фонда вошли руководители администрации края, депутаты, всемирно известные ученые. В экспертный совет были вовлечены ведущие ученые практически из всех высших учебных заведений и академических институтов краевого центра.

В настоящее время среди экспертов и рецензентов фонда 834 доктора и 301 кандидат наук из 92 городов России и ближнего зарубежья.

Красноярский край является одним из шести субъектов РФ, выигравших в конкурсе на создание и развитие поддержки малых предприятий в научно-технической сфере. В 2007 г. за счет средств федерального и региональных бюджетов сформирован фонд венчурного финансирования малых инновационных предприятий.

Венчурный фонд был учрежден 15 декабря 2006 г. Стоимость имущества на момент его формирования составила 121 млн руб., 50 % из которых – частные инвестиции и 50 % – бюджетное финансирование. В скором времени финансирование венчурного фонда Красноярского края может быть увеличено до 2 млрд руб. Венчурный фонд является важнейшим направлением работы администрации Красноярского края. В него направляются средства и краевого бюджета, и федерального. В зависи-

мости от результатов деятельности этого фонда в ближайшие два года будет поставлен вопрос об увеличении его финансирования до 2 млрд руб.

Для участия в венчурном фонде будет отобрано 6–7 проектов, финансирование каждого из которых составит не более 18 млн руб. На данный момент уже отобрано три проекта. Один из них связан с разработками биополимеров, еще один – инновационная технология контроля и управления качеством сепарации горных пород, содержащих минералы, и третий проект – автономные теплогенераторы.

Основные требования к соискателям следующие: проект должен быть направлен на развивающиеся рынки; организация, которая намерена реализовывать проект, должна обладать командой опытных менеджеров; должна быть разработана четкая стратегия выхода венчурного фонда из проекта через 2–5 лет.

В качестве инструмента увеличения инновационной активности промышленности Красноярского края также может стать кластерный принцип регулирования отраслей. Основной целью создания научно-технологических кластеров на территории Красноярского края является активное привлечение технологических инноваций в районы нового освоения. За счет функционирования в рамках кластера разрабатываемые нововведения смогут проходить апробацию на предприятиях, составляющих производственный и ресурсный потенциал кластеров, а затем массово внедряться в производство. Кроме того, разрабатываться будут только технологии, имеющие реальный спрос на предприятиях, входящих в состав кластера. Востребованность разрабатываемых нововведений будет значительно выше, по сравнению со старыми механизмами хозяйствования.

В контексте развития районов нового освоения в Красноярском крае и привлечения в них инноваций, в настоящее время видится приоритетным создание следующих кластеров:

– лесопромышленный кластер;

– металлургический кластер;

– нефтегазовый кластер;

– энергетический кластер.

В Красноярском крае реализуется несколько целевых законодательных программ, направленных на поддержание инновационной деятельности, обеспечение взаимосвязи разработчиков и потребителей инноваций.

В феврале 1999 г. была принята Краевая целевая программа «Активизация инновационной деятельности в Красноярском крае», в которой были учтены принципы Межведомственной программы активизации инновационной деятельности в научно-технической сфере России на 1998–2000 гг. и Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 гг.

В рамках программы особая роль отводилась вузам, участвующим в реализации инновационных проектов, преимущественно в машиностроении, цветной металлургии, лесной промышленности и энергетике.

В 2001–2003 гг. действовала Краевая целевая программа «Создание в Красноярском крае наукоемких производств», направленная на обеспечение взаимосвязи научных организаций, разрабатывающих нововведения, учреждений и предприятий, осуществляющих доведение научной идеи до конкретной технологии, материала или конструкции, а также ее внедрение и тиражирование.

Несмотря на все трудности переходного периода, Красноярский край продолжает сохранять достаточно высокий научно-технический потенциал, включающий Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 14 высших учебных заведений, ряд научно-производственных объединений и отраслевых научно-исследовательских институтов.

Наличие этих факторов дает основание считать, что Красноярский край является одним из регионов России, приспособленных для развития инновационной деятельности.

На основе приведенных данных можно сделать вывод о наличии в регионе существенного потенциала для производства научных разработок, что указывает на наличие в Красноярском крае достаточного инновационного потенциала, необходимого для развития инновационной деятельности и привлечения технологических инноваций в районы нового освоения.

L. M. Mukoed, S. A. Zhdanov

FACTORS OF INNOVATIVE CLIMATE PROMOTING AND INTERFERING THE ATTRACTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AREAS OF NEW DEVELOPMENT

The development of the innovative climate factors for the attraction of innovations in areas of Krasnoyarsk region new development is considered. The innovative potential of Krasnoyarsk territory necessary for the development in its territory areas of new development is analyzed.

Keywords: innovative climate factors, innovation potential of Krasnoyarsk territory.

УДК 338.3.001.76:629.78

Г. П. Беляков, Л. В. Ерыгина

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ НА ВЕЛИЧИНУ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Разработаны теоретические положения и предложен методический инструментарий оценки влияния реструктуризации на инновационный потенциал предприятий ракетно-космической промышленности.

Ключевые слова: инновационный потенциал, конверсия, реструктуризация, типология инноваций, предприятия РКП.

На протяжении многих десятилетий технологическим лидером в нашей стране являлась и продолжает оставаться ракетно-космическая промышленность (РКП). Несмотря на трудности экономического развития страны в последние 15 лет, РКП, в числе немногих отраслей промышленности, продолжает оставаться по многим позициям конкурентоспособной на мировом рынке, что дает основание рассматривать ее как реальную базу для развития инновационных проектов национального масштаба. Ракетно-космическая техника находится сегодня в перечне направлений, формирующих новый технологический уклад в мире (вместе с ядерной энергетикой, биотехнологиями, системами искусственного интеллекта), что создает для России потенциальные предпосылки для вхождения в группу стран – технологических лидеров.

Кризисное состояние экономики страны в 1990-х гг. во многом подорвало позиции России на мировом космическом рынке. Коммерческая доля нашей страны, некогда, безусловно, мирового лидера в космонавтике, сегодня не превосходит 1,5 %. Снижение за эти годы государственного финансирования привело к сокращению производства в оборонных отраслях в целом. По оценкам специалистов, инновационный потенциал предприятий РКП востребован сегодня лишь на 5–7 %. Огромные ресурсы как креативного, так и производственного характера остаются «в тени» и не реализуются, а ведь именно рынок высоких технологий и наукоемких производств, а не сырьевые возможности и ресурсы, будут определять место страны в мировой экономике и в мировом разделении труда. Поэтому РКП как «локомотиву» технологического развития может принадлежать решающая роль в развитии инновационной экономики. Эта роль становится особенно значимой в условиях происходящего в настоящее время мирового финансового кризиса.

Изучение особенностей деятельности РКП позволило выявить, что решение ключевых задач управления инновационной деятельностью заключается в эффективном использовании имеющегося потенциала инновационного развития предприятия. Потенциал инновационного развития имеет неоднородную структуру и динамические характеристики, изменяющиеся во времени под влиянием различных факторов, в том числе и реструктуризации, поэтому только его эффективное управление позволяет предприятиям достичь стратегического конкурентного преимущества, что создает условия не только для обеспечения устойчивого развития предприятий отрасли, но и наращивания инновационного потенциала в основном производстве. Все это позволяет говорить о необходимости совершенствования инструментов инновационного менеджмента предприятий РКП [1].

Достижение этой цели на уровне отрасли и конкретного предприятия возможно только на основе учета всех факторов, определяющих эффективность управления инновационным развитием предприятия. В связи с этим были выявлены и систематизированы факторы, определяющие инновационное развитие конверсионных производств предприятий РКП (табл. 1). Определяющая роль инноваций в развитии предприятий РКП [2–5], высокий уровень неопределенности значительного числа представленных факторов, а также высокая альтернативность направлений инновационного развития свидетельствуют о том, что данные задачи должны решаться на корпоративном уровне с использованием инструментов стратегического управления. Таким образом, возникает необходимость интеграции методов инновационного и стратегического управления предприятием на современном этапе развития РКП. Однако, на сегодняшний день, в практике большинства предприятий инновационное развитие чаще всего отождествляется с функциональным уровнем принятия решений, хотя разработку и реализацию инноваций следует относить к стратегически важным управленческим решениям [6]. Следовательно, вывод инновационного управления предприятием на корпоративный уровень требует разработки специальных инструментов, позволяющих сформировать стратегию инновационного развития предприятий РКП [7; 8].

Следует также отметить, что значительное число факторов, представленных в табл. 1, определяют возможности предприятия, т. е. его потенциал, что позволяет сделать вывод о ключевой роли потенциала в инновационном развитии предприятия. Однако также присутствуют факторы (выделенные курсивом), которые традиционно не являются характеристикой потенциала, но вместе с тем они определяют возможности предприятия по инновационному развитию. В таком случае, возникает вопрос: либо это самостоятельная группа факторов, которые необходимо исследовать, либо они все же относятся к потенциалу, являются его частью и определяют его предельную составляющую.

Систематизация факторов по сферам управления отражает специфику РКП и должна найти отражение в декомпозиции инновационного потенциала предприятий отрасли. Неоднородность характера влияния факторов на инновационное развитие предприятий по выделенным

Таблица 1

Систематизация факторов, определяющих инновационное развитие конверсионных производств предприятий РКП

Примечание. Типы инноваций: Т – технологические, П – продуктовые, С – сервисные, Р – рыночные, О – организационные. Значимость влияния на инновационные процессы: З – значимые, Н – незначимые. Подверженность управлению: У – управляемые, СУ – слабоуправляемые, НУ – неуправляемые. Характер информации: Д – детерминированный, Н – неопределенный, С – стохастический.

сферам управления позволяет сделать вывод о возможности влияния процессов реструктуризации на величину инновационного потенциала предприятия. Таким образом, полученные результаты систематизации факторов, определяющих инновационное развитие конверсионных производств предприятий РКП, позволяют обосновать необходимость проведения дополнительных исследований по уточнению содержания понятия «инновационный потенциал предприятия», определению его структуры, а также выявлению характера связей между определяющими его элементами.

Для определения структуры инновационного потенциала предприятий РКП были исследованы существующие подходы к определению содержания понятия «инновационный потенциал предприятия» [9; 10], после рассмотрения которых были сделаны следующие выводы.

Во-первых, отраслевая принадлежность и, соответственно, условия и ограничения, характерные для той или иной отрасли, оказывают значительное влияние на содержание данного понятия и его структуру.

Во-вторых, в большинстве своем, исследователей интересует достигнутый или эксплуатируемый потенциал предприятия, т. е. используемая в настоящее время часть возможностей предприятия. Однако, исходя из результатов систематизации факторов, определяющих инновационное развитие конверсионных производств предприятий РКП, потенциал обладает двухкомпонентной структурой. Первая компонента, как было отмечено выше, – это достигнутый потенциал. Вторая компонента – потенциал развития, т. е. часть авансированных возможностей предприятия, которая может и должна быть задействована для достижения определенных целей в условиях оптимальной деятельности предприятия с учетом существующих ограничений.

В-третьих, основополагающим фактором развития любой экономической системы на данном этапе является инновационное развитие. Именно оно позволяет предприятию увеличивать свой потенциал и достигать поставленных целей путем стратегических изменений системы, т. е. преимущества новой системы становятся очевидными, и возможность реализации этих преимуществ становится более вероятной. Таким образом, инновационный потенциал в современных условиях хозяйствования имеет определяющее значение при формировании стратегии развития предприятия, что обуславливает необходимость определения его понятия и структуры.

На основе изложенного выше было предложено следующее определение понятия «инновационный потенциал предприятия»: наличие активов (ресурсов и резервов), используемых в настоящее время и (или) авансированных и обеспеченных соответствующими источниками финансирования, возникающих в результате инновационной деятельности предприятия в рамках стратегии развития, а также существующих либо возможных условий и ограничений законодательного, финансового, организационно-технического, отраслевого и территориального характера. Дополняя друг друга, части потенциала составляют основу его структуры, а их соотношение определяет возможности для развития предприятия и зависит от масштабов его инновационной деятельности.

Зависимость величины инновационного потенциала от уровня предельных затрат и предельной выручки, зависящих также от способа реструктуризации предприятий РКП, потребовала, в свою очередь, изучения сущности данного явления. В ходе комплексного исследования сущности реструктуризации авторами сделан вывод о том, что понятие «реструктуризация предприятия» необходимо трактовать как целенаправленное изменение состава элементов хозяйственной системы и связей между ними, а также силы и характера связей с целью обеспечения роста экономического потенциала и повышения эффективности функционирования и развития хозяйственной системы в изменившихся внешних и внутренних условиях за счет формирования новых свойств системы [1; 2].

Результаты систематизации факторов позволили сделать вывод о необходимости разработки типологии реструктуризации с целью учета различного характера влияния факторов, определяющих эффективность реструктуризации предприятий РКП. Авторами выделены типы реструктуризации в части взаимодействия между реструктуризируемым предприятием и создаваемым на его основе бизнесом по признакам, представленным в табл. 2.

Наиболее тесная производственно-технологическая связь характерна для первого типа реструктуризации, при котором возникающий бизнес осуществляет производство модифицированного продукта с максимальным использованием производственно-технологического потенциала реструктуризируемого предприятия. Для второго типа реструктуризации, предполагающего производство технологически связанного с реструктуризируемым предприятием продукта, характерна менее сильная связь. Данная связь носит преимущественно технологический характер. В рамках третьего типа реструктуризации предполагается производство нового продукта, производственно и технологически не связанного с продуктом базового реструктуризируемого предприятия. Первый тип реструктуризации предполагает прямое управление создаваемым бизнесом со стороны органов управления реструктуризируемого предприятия. Для второго типа управление со стороны органов управления реструктуризируемого предприятия осуществляется в рамках вза-

Таблица 2

Преобладающие типы реструктуризации предприятий РКП с точки зрения бизнеса, возникающего при реструктуризации

Признак	Тип I	Тип II	Тип III
Производственно-технологические связи	Конструкторско-технологические связи	Технологические связи	Без связи
Управление	Прямое	Косвенное	Отсутствует
Степень новизны	Низкая	Средняя	Высокая
Объем инвестиций	Низкий	Средний	Высокий

имоотношений собственника части бизнеса и самого создаваемого в процессе реструктуризации бизнеса.

Использование технологий и продуктов реструктуризируемого предприятия для производства модифицированного продукта не предполагает осуществления новых разработок, и степень новизны для первого типа реструктуризации будет низкой. Для второго типа степень новизны носит выраженный характер, но более низкий в сравнении с новизной, характерной для третьего типа реструктуризации. В связи с отсутствием необходимости привлечения внешних источников финансирования новых разработок и сохранением управления над создаваемым в процессе реструктуризации бизнесом, объем инвестиционных средств, требуемых для реализации проекта реструктуризации первого типа, будет незначительным. Реализация второго типа потребует более существенных финансовых средств как для осуществления новых разработок, так и для непосредственного обеспечения бизнеса необходимыми ресурсами для функционирования. Третий тип реструктуризации требует, соответственно, при прочих равных условиях, более значительных финансовых затрат в сравнении с первыми двумя.

Таким образом, построенная типология реструктуризации предприятий предполагает различный характер связей между реструктуризируемым предприятием РКП и создаваемым бизнесом. Выявленные различия свидетельствуют о необходимости их учета при оценке синергетического эффекта в случае проведения оценки влияния и реструктуризации на величину инновационного потенциала предприятий РКП.

В связи с этим были определены сферы возникновения синергии, которые необходимо учитывать при проведении такой оценки. Выявлено, что характер проявления синергетического эффекта различен для разных типов реструктуризации. Различия в проявлении эффекта синергии для выделенных типов реструктуризации по сферам возникновения синергии представлены в табл. 3. Наиболее существенно эффект синергии проявляется для первого типа реструктуризации, что связано с наличием тесных связей между реструктуризируемым предприятием РКП и создаваемым бизнесом. Для второго типа синергетический эффект менее выражен. Третий из выделенных типов реструктуризации не предполагает наличие значительного синергетического эффекта между реструктуризируемым предприятием РКП и создаваемым бизнесом. В то же время, для третьего типа возможно проявление существенного синергетического эффекта между создаваемым бизнесом и внешним инвестором, в случае его наличия.

Для оценки синергетического эффекта в сфере «продукты» предлагается использование методов формирования оптимального портфеля продуктов создаваемого бизнеса. При этом, если выбраны первый или второй тип реструктуризации, когда производится модифицированный или технологически связанный продукт, критерием формирования портфеля продуктов должна выступать максимизация устойчивости деятельности предприятия, т. е. минимизируется риск функционирования предприятия РКП. В случае же третьего типа реструктуризации, где связь между реструктуризируемым предприятием РКП и создаваемым бизнесом слабее и предполагается производство нового продукта, основным критерием формирования портфеля продуктов должен стать максимум доходности создаваемого бизнеса.

При оценке синергетического эффекта в сфере «финансы» предлагается разделение задачи на две: оценку синергетического эффекта при финансировании операционной деятельности; оценку синергетического эффекта при финансировании инвестиционной деятельности.

Эффект финансовой синергии достигается за счет:

– сокращения потребности в кредитных ресурсах, что обеспечивает снижение затрат на обслуживание долга;

– сокращения финансовых и транзакционных издержек, возникающих при дополнительной эмиссии акций;

– сокращения сроков привлечения дополнительных финансовых ресурсов, что приводит к сокращению сроков освоения проектов и, следовательно, росту финансовых результатов от реализации проектов.

Особого внимания требует оценка синергетического эффекта для объекта «рынок и система сбыта». Если имущественный комплекс, входящий в систему сбыта, может быть оценен методами затратного подхода, то для оценки «гудвилла» реструктуризируемого предприятия авторами разработан модернизированный метод преимущества в прибыли (доходный подход). Суть модернизации заключается в применении двух коэффициентов: первый из них учитывает возрастание цены продукции, связанное с применением «гудвилла»; второй – изменение количества продукции, связанное с применением «гудвилла» и повышением стоимости цены продукции.

Чистый операционный доход P, получаемый компанией, зависит от стоимости продукции pr и от объема продаж V. Изменение операционного дохода будет определяться изменением цены на продукцию и изменением объема продаж продукции, которое, в свою очередь, зависит от цены, так как именно цена в значительной степени определяет спрос на продукцию. Этапы алгоритма оценки синергетического эффекта, возникающего в сфере «рынок и система сбыта», через оценку «гудвилла» представлены следующим образом:

1. Определение на основе экспертных методов предельного коэффициента K, характеризующего возможное увеличение цены, связанное с «гудвиллом».

2. Установление зависимости объема от стоимости продукции $V = f(pr)$.

3. Определение оптимальной цены. На данном этапе решается следующая задача:

$$P = pr \cdot V \to \max,$$

$$pr \le pr_{\max} = (1 + K) \cdot pr.$$

4. Определение расчетного коэффициента: $K_{pr} = K_{opt} / pr$.

5. Определение коэффициента роста объема продаж: $K_V = K_{opt} / V$.

6. Определение эффекта синергии на основе оценки «гудвилла»:

$$V = K_{pr}\, K_V \sum_n \frac{P_n}{(1+r)^n}.$$

Для определения эффекта синергии в рамках проведения оценки влияния реструктуризации на инновационный

потенциал предприятий РКП, предлагается для всех трех типов реструктуризации по сферам (если они присутствуют) «производство», «НИОКР», «инфраструктура», «МТС», «кадры» и «управление» использовать традиционные методы планирования и прогнозирования денежных потоков.

Таким образом, возникающий в результате реструктуризации синергетический эффект учитывается при оценке предельных затрат и выручки от осуществления инновационной деятельности, что позволяет определить не только ее масштабы, но и предельную величину инновационного потенциала.

Библиографический список

1. Аистова, М. Д. Реструктуризация предприятий: вопросы управления. Стратегии, координация структурных параметров, снижение сопротивления преобразованиям / М. Д. Аистова. М. : Альпина Паблишер, 2002.

Таблица 3

Формы проявления эффекта синергии для различных типов реструктуризации

Сфера возникновения	Форма проявления эффекта синергии		
	Тип I	Тип II	Тип III
Рынок и система сбыта	Рост объема продаж и цены продукта за счет использования бренда		
	Экономия затрат в связи с использованием существующей рыночной инфраструктуры. Рост объема продаж в связи с выходом на новые рынки		
Производство	Рост фондоотдачи в связи с использованием и дозагрузкой существующего оборудования. Экономия затрат в связи с использованием существующей инфраструктуры основного и вспомогательных производств	Аналогично типу I, однако наличие рисков неполучения выгод в части экономии затрат и роста фондоотдачи при возникновении более привлекательных коммерческих альтернатив	Аналогично типу II, однако более высокий риск неполучения выгод в части экономии затрат и роста фондоотдачи при возникновении более привлекательных коммерческих альтернатив
Продукты	Рост объемов выручки за счет реализации модифицированного продукта, производимого на базе существующего	Рост объемов выручки за счет реализации технологически однородного продукта, производимого на базе существующего	Максимизация доходности за счет диверсификации – менее значительное влияние эффекта диверсификации в сравнении с I и II типами
	Минимизация риска за счет диверсификации		
НИОКР	Экономия на затратах, связанных с осуществлением НИР и ОКР, приобретением лицензий, ноу-хау и пр.	Аналогично типу I, однако наличие рисков неполучения выгод в части экономии на затратах	Преимущественно отсутствует
Социальная инфраструктура	Экономия затрат в связи с использованием существующей социальной инфраструктуры		
МТС	Экономия затрат в связи с использованием и дозагрузкой существующих складских помещений	Аналогично типу I, однако наличие рисков неполучения выгод в части экономии затрат	Аналогично типу II, однако более высокий риск неполучения выгод в части экономии затрат
Кадры	Рост производительности труда всех работников в связи с дозагрузкой – сокращение издержек – эффект масштаба	Аналогично типу I, однако наличие рисков неполучения выгод в части сокращения издержек	Аналогично типу II, однако более высокий риск неполучения выгод в части сокращения издержек
Управление	Экономия на затратах, связанных с содержанием управленческого персонала, а также внедрением и эксплуатацией систем планирования, учета и отчетности	Экономия на затратах, связанных с внедрением и эксплуатацией систем планирования, учета и отчетности	Преимущественно отсутствует
Финансы	Рост потенциального объема заимствований за счет увеличения доходов. Экономия на плате за риск в процентной ставке кредита. Экономия на затратах, связанных с выплатой процентов по кредитам в связи со снижением потребности в кредитовании, а также снижением ставки		Вероятность возникновения экономии на процентах по кредиту, транзакционных издержках, а также выплатах дивидендов достаточно низкая
	Снижение процентных выплат по кредиту. Экономия на транзакционных издержках, связанных с дополнительными эмиссиями акций в связи с сокращением потребности в эмиссиях. Низкий уровень дивидендных выплат		

2. Белых, Л. П. Реструктуризация предприятия : учеб. пособие для вузов / Л. П. Белых, М. А. Федотова. М. : Юнити-Дана, 2001.

3. Инновации и экономический рост / В. Христенко, Л. Миндели, Л. Косалс и др. ; под ред. К. Микульского. М. : Наука, 2002. С. 311.

4. Трифилова, А. А. Управление инновационным развитием предприятия / А. А. Трифилова. М. : Финансы и статистика, 2003.

5. Ревуцкий, Л. Д. Потенциал и стоимость предприятия / Л. Д. Ревуцкий. М. : Перспектива, 1997. С. 7.

6. Валента, Ф. Стратегия управления инновациями на предприятии / Ф. Валента, Л. Водачек, О. Водачек. М. : Экономика. 1989.

7. Дондуков, А. Н. Перспективы развития оборонно-промышленного комплекса страны / А. Н. Дондуков // Промышленность России. 2001. № 1 (45). С. 3–5.

8. Кузык, Б. Оборонно-промышленный комплекс России: прорыв в XXI век / Б. Кузык. М. : ЮНИТИ, 1999.

9. Кочетков, С. В. Результаты использования инновационного потенциала на уровне предприятия / С. В. Кочетков // Вестник ВГУ. Серия «Экономика и управление», 2005. № 2.

10. Кравченко, С. И. Исследование сущности инновационного потенциала / С. И. Кравченко, И. С. Кладченко / / Серія економічна. Вип. 68. С. 88–96.

G. P. Belyakov, L. V. Erygina

THEORETICAL REGULATIONS AND THE TOOLING OF ASSESSMENT OF INFLUENCE OF CONVERSION ON INNOVATION POTENTIAL OF ENTERPRISES OF SPACE-ROCKET INDUSTRY

This paper contains the developed theoretical regulations and methodical tools of estimate influence of conversion on innovation potential of space-rocket industry enterprises.

Keywords: innovation potential, conversion, restructurization, typology of innovations, enterprises of space-rocket industry.

УДК 330.322

Т. И. Островских

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ РИСКАМИ

Рассматриваются виды и системы возникновения инвестиционных рисков под воздействием внутренних и внешних факторов. Предложены методы управления инвестиционными рисками и учет факторов, влияющих на эффективность инвестиционной деятельности.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность, управление рисками, инвестиции, предприятие.

Глобальной целью функционирования экономики страны является обеспечение экономической надежности всей ее системы. Прежде всего, это способность экономических и организационных решений обеспечить в определенных пределах регулируемость системы по таким основным характеристикам, как рентабельность (доходность), финансовая устойчивость и требуемый уровень риска. Риск в рыночной экономике сопутствует любому управленческому решению. Особенно это относится к инвестиционным решениям, последствия принятия которых сказываются на деятельности предприятия в течение длительного периода времени.

Финансовая и иные виды деятельности предприятия сопряжены с принятием рискованных решений, связанных с неопределенностью большого количества факторов их осуществления. Основная цель инвестиционной деятельности хозяйствующих субъектов состоит в увеличении дохода от инвестиционной деятельности при минимальном уровне риска инвестиционных вложений. Поиск оптимального сочетания доходности и риска предполагает необходимость учета действия множества разных факторов, что делает эту задачу весьма сложной. Вместе с тем решение данной проблемы является условием эффективности любой экономической деятельности.

В последние годы в России появилось достаточно много научных трудов, посвященных риск-менеджменту. В них рассматриваются вопросы, связанные с управлением финансовыми и банковскими рисками на сложившихся финансовых рынках. Однако сфера реализации инвестиционных проектов недостаточно освещена в силу ее новизны и высокой степени риска в российских условиях.

В предпринимательской деятельности принято объяснять риски интенсивностью использования производственного и финансового рычагов. Если рискованность в банковской деятельности составляют кредитные, процен-

тные и валютные риски, а в торговой сфере – коммерческие, то в производственной деятельности они дополняются техническими, снабженческими и операционными [1].

Инвестиционный риск представляет собой вероятность возникновения финансовых потерь в виде дохода, прибыли вследствие неопределенности условий инвестиционной деятельности. Доходность и риск, как известно, являются взаимосвязанными категориями. Наиболее общими закономерностями, отражающими взаимную связь между принимаемым риском и ожидаемой доходностью деятельности инвестора, являются следующие:

– более рискованным вложениям, как правило, присуща более высокая доходность;

– при росте дохода уменьшается вероятность его получения, в то время как определенный минимально гарантированный доход может быть получен практически без риска.

Оптимальность соотношения дохода и риска означает достижение максимума для комбинации «доходность–риск» или минимума для комбинации «риск–доходность». При этом должны одновременно выполняться два условия:

– ни одно другое соотношение доходности и риска не может обеспечить большей доходности при данном или меньшем уровне риска;

– ни одно другое соотношение доходности и риска не может обеспечить меньшего риска при данном или большем уровне доходности.

Поскольку на практике инвестиционная деятельность связана с множественными рисками и использованием различных ресурсных источников, количество оптимальных соотношений возрастает. В связи с этим для достижения равновесия между риском и доходностью необходимо использовать пошаговый метод, путем последовательных приближений.

Инвестиционная деятельность связана с различными видами рисков, но наиболее значимые и специфичные из них – это общие риски; специфические риски и риски проектного финансирования [2].

Общие риски включают риски, одинаковые для всех участников инвестиционной деятельности и форм инвестирования, они определяются факторами, на которые инвестор при выборе объектов инвестирования не может повлиять. Риски подобного рода в теории инвестиционного анализа называют систематическими. К основным видам этих рисков можно отнести внешнеэкономические риски, возникающие в связи с изменением ситуации во внешнеэкономической деятельности, и внутриэкономические риски, связанные с изменением внутренней экономической среды. В свою очередь, данные виды рисков выступают как синтез более частных разновидностей рисков.

Социально-политический риск объединяет совокупность рисков, возникающих в связи с изменениями политической системы, расстановки политических сил в обществе, политической нестабильностью. Политические и страновые риски инвесторы принимают на себя в случае небольших или краткосрочных вложений с соответствующим увеличением ставки. При инвестиционном кредитовании или проектном финансировании снижение риска может обеспечиваться за счет предоставления гарантий государства.

Риски, связанные с мерами государственного регулирования, включают изменения административных ограничений инвестиционной деятельности, экономических нормативов, налогообложения, валютного регулирования, процентной политики, регулирования фондового рынка и законодательных изменений.

Конъюнктурный риск связан с неблагоприятными изменениями общей экономической ситуации или положением на отдельных рынках. Данный риск может возникнуть, в частности, вследствие смены стадий экономического цикла развития страны или конъюнктурных циклов развития мирового инвестиционного рынка.

Инфляционный риск возникает вследствие того, что при высокой инфляции денежные суммы, вложенные в объекты инвестирования, могут не покрываться доходами от инвестиций. Инфляционный риск, как правило, ложится полностью на инвесторов, которые должны правильно оценить перспективы развития инфляционных процессов, поэтому при исследовании инвестиционных качеств предполагаемых объектов принято закладывать прогнозные темпы инфляции. Риск ухудшения условий для данной сферы деятельности включает риски, связанные с возможностью усиления конкуренции, изменением требований потребителей, банковскими кризисами и др.

К прочим рискам можно отнести риски, возникающие в связи с экономическими преступлениями, недобросовестностью хозяйственных партнеров, возможностью неисполнения ими взятых на себя обязательств.

Специфические риски в отличие от общих рисков сугубо индивидуальны для каждого инвестора. Они агрегируют все виды рисков, связанных с инвестиционной деятельностью конкретного субъекта. Специфические риски могут быть связаны с непрофессиональной инвестиционной политикой, нерациональной структурой инвестируемых средств, другими факторами, негативные последствия которых можно в существенной степени избежать при повышении эффективности управления инвестиционной деятельностью.

При *проектном финансировании* следует учитывать следующие виды рисков: непроработанность проектной документации; производственно-технологический риск; изменение приоритетов в развитии предприятия; неопределенность целей, интересов и поведение предприятий – участников проекта; риск несоответствия существующих направлений сбыта и требований к сбыту продукции в соответствии с проектом; неполнота или неточность информации о финансовом положении и деловой репутации участников проекта; риск несвоевременной реализации проекта и выхода на расчетную эффективность и др.

Несмотря на потенциальную негативность последствий и потерь, вызванных наступлением того или иного рискового фактора, проектный риск тем не менее является своеобразным «двигателем прогресса», источником возможной прибыли. Таким образом, задача лица, принимающего решение, это не отказ от рисков вообще, а принятие решения с учетом инвестиционного риска.

Алгоритм действий по учету риска инвестиционного проекта при принятии решения по нему включает прове-

дение качественного анализа проектного риска, оценку финансовой реализуемости и эффективности проекта в условиях неопределенности и измеренного риска, разработку мероприятий по снижению риска рассматриваемого инвестиционного проекта.

Следует отметить, что только понимание природы инвестиционного риска и его количественная оценка позволит менеджерам эффективно управлять долгосрочными инвестициями. На первое место выдвигаются способы и методы непосредственного воздействия на уровень риска с целью его максимального снижения, повышения безопасности и финансовой устойчивости предприятия, на котором реализуется инвестиционный проект.

Действия по снижению риска ведутся в двух направлениях: 1) избежание появления возможных рисков; 2) снижение воздействия риска на результаты производственной деятельности.

Первое направление заключается в попытке избежать любого возможного для фирмы риска. Решение об отказе от риска может быть вынесено на стадии принятия решения, а также путем отказа от какого-то вида деятельности, в которой предприятие уже участвует. К исключению появления возможных рисков относится отказ от использования в высоких объемах кредитного капитала (избежание финансового риска), отказ от чрезмерного использования инвестиционных низколиквидных активов (избежание риска снижения ликвидности). Данное направление снижения риска наиболее простое и радикальное: оно позволяет полностью избежать возможных потерь, но и не дает возможности получить тот объем прибыли, который связан с рискованной деятельностью.

Чтобы снизить влияние рисков, возможны два взаимодополняющих пути:

– предпринять меры, обеспечивающие выполнение контрактных обязательств на стадии заключения контрактов;

– осуществлять контроль управленческих решений в процессе реализации проекта.

Первый путь в мировой практике осуществляется выбором следующих вариантов действий:

– страхования;

– обеспечения (в случае кредитного договора) в форме залога, гарантии, поручительства, неустойки или удержания имущества должника;

– постадийного разделения процесса утверждения ассигнований проекта;

– диверсификации инвестиций.

Варианты управленческих решений в целях снижения риска могут осуществляться резервированием средств на покрытие непредвиденных расходов и реструктуризацией кредитов.

Один из наиболее важных способов снижения инвестиционного риска – диверсификация, например, распределение усилий предприятия между видами деятельности, результаты которых непосредственно не связаны между собой. Любое инвестиционное решение, связанное с конкретным проектом, требует от лица, принимающего это решение, рассмотрения проекта во взаимосвязи с другими проектами и с уже имеющимися видами деятельности предприятия. Для снижения риска желательно планировать производство таких товаров или услуг, спрос на которые изменяется в противоположных направлениях.

Распределение проектного риска между участниками проекта является эффективным способом его снижения, он основан на частичной передаче рисков партнерам по отдельным инвестиционным ситуациям. Логичнее всего при этом сделать ответственным за конкретный вид риска того из участников, который обладает возможностью точнее и качественнее рассчитать и контролировать риск.

Так, для реализации проекта разработки угольного месторождения привлекается ряд организаций: геологоразведывательные, буровые, строительные, транспортные, предприятия угольного машиностроения и т. д., каждая из которых может использовать свои ограниченные возможности для компенсации риска, не подвергая опасности свое существование.

При строительстве объекта предприятие может передать подрядчикам часть проектных рисков, связанных, например, с невыполнением календарного плана строительно-монтажных работ, низким качеством этих работ, хищением переданных им строительных материалов и др. Нейтрализация риска предприятия-проектоустроителя заключается в этих случаях в переделке работ за счет подрядчика, выплате им неустоек, штрафов и возмещении понесенных потерь.

Распределение риска учитывается при разработке финансового плана инвестиционного проекта и оформляется контрактными документами.

Возможным способом снижения риска является его страхование, которое, по существу, состоит в передаче определенных рисков страховой компании. При принятии решения о внешнем страховании рисков необходимо оценивать эффективность такого способа снижения риска с учетом следующих параметров:

– вероятности наступления страхового события по данному виду проектного риска;

– степени страховой защиты по риску, определяемой коэффициентом страхования (отношение страховой суммы к размеру оценки имущества);

– размера страхового тарифа в сопоставлении со средним его размером на страховом рынке по данному виду страхования;

– размера страховой премии и порядка ее уплаты в течение страхового срока и др.

Зарубежная практика страхования использует полное страхование инвестиционных проектов. Условия российской действительности позволяют пока только частично страховать риски проекта: здания, оборудование, персонал, некоторые экстремальные ситуации.

Резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов – один из наиболее надежных способов снижения риска инвестиционного проекта. Оно предусматривает установление соотношения между потенциальными рисками, изменяющими стоимость проекта, и размером расходов, связанных с преодолением нарушений в ходе его реализации. Зарубежный опыт допускает увели-

чение стоимости проекта от 7 до 12 % за счет резервирования на форс-мажорные обстоятельства.

Российские эксперты рекомендуют следующие нормы непредвиденных расходов:

Вид затрат	Изменение непредвиденных расходов, %
Затраты/продолжительность работ российских исполнителей	+ 20
Затраты/продолжительность работ иностранных исполнителей	+ 10
Увеличение прямых производственных затрат	+ 20
Снижение производства	– 20
Увеличение процента за кредит	+ 20

Кроме резервирования на форс-мажорные обстоятельства необходимо создание системы резервов на предприятии для оптимального управления денежными потоками. Речь идет о формировании резервного фонда, фонда погашения безнадежной дебиторской задолженности, поддержания оптимального уровня материальных запасов и нормативного остатка денежных средств и их эквивалентов [1].

Резервирование средств является, по сути, самострахованием (внутренним страхованием) предприятия. При этом следует иметь в виду, что страховые резервы во всех их формах хотя и позволяют быстро возместить понесенные потери, однако «замораживают» использование достаточно ощутимой суммы инвестиционных ресурсов. В результате этого снижается эффективность использования собственного капитала предприятия, увеличивается его зависимость от внешних источников финансирования.

Очень важно использовать лимитирование как способ снижения рисков, который заключается в установлении фирмой предельно допустимой суммы средств на выполнение определенных операций (или стадий проекта), потеря которой существенно не отразится на финансовом состоянии предприятия. Лимитирование применяется банками при выдаче ссуд, промышленными предприятиями – при продаже товаров в кредит, определении сумм вложений капитала, определении величины заемных средств, также данный метод можно использовать при финансировании инвестиционных проектов.

Важную роль в снижении рисков инвестиционного проекта играет приобретение дополнительной информации. Цель такого приобретения – уточнение некоторых параметров проекта, повышение уровня надежности и достоверности исходной информации, что позволит снизить вероятность принятия неэффективного решения. Способы получения дополнительной информации включают ее приобретение у других организаций (предприятий, научно-исследовательских и проектных организаций, консалтинговых фирм и т. д.), проведение дополнительного эксперимента и т. д. Полная и достоверная информация – товар особого рода, за который надо платить, но эти расходы окупаются в результате получения существенной выгоды от менее рискового инвестирования.

В настоящее время необходимость оценки рисков инвестиционных проектов уже ни у кого не вызывает сомнений, хотя процесс оценки неточен и часто возникает искушение проигнорировать соображения, касающееся риска, поскольку они туманны. Тем не менее риск проекта следует оценивать и включать в рассмотрение в процессе принятия инвестиционного решения. В России в силу высокой экономической нестабильности и всемирного экономического кризиса умение анализировать возможные риски приобретает особое значение.

Существование риска связано с невозможностью с точностью до 100 % прогнозировать конечные экономические результаты реализуемых инвестиционных проектов. Исходя из этого, целесообразно выделить основное свойство риска: он имеет место только по отношению к будущему и неразрывно связан с прогнозированием и планированием результатов, а значит, и с принятием инвестиционного решения [3].

С учетом того обстоятельства, что уровень риска не одинаков по стадиям реализации проекта (жизненного цикла), он должен соответствующим образом учитываться и отражаться в переменной дисконтной ставке. Вполне понятно, что уровень риска сравнительно более высокий на начальной стадии реализации инвестиционного проекта и значительно меньший на заключительной стадии.

Успешное осуществление инвестиционной деятельности во многом зависит от того, насколько удастся выполнить задачу нахождения оптимального соотношения доходности и риска, квалифицированного управления рисками.

Последовательность действий по регулированию риска включает:

– идентификацию рисков, возникающих в связи с инвестиционной деятельностью;

– выявление источников и объемов информации, необходимых для оценки уровня инвестиционных рисков;

– определение критериев и способов анализа рисков;

– разработку мероприятий по снижению рисков и выбор форм их значений;

– ретроспективный анализ регулирования рисков.

Основными источниками информации являются следующие: статистическая отчетность, публикуемая государственными органами; финансовая, биржевая и специализируемая пресса («Вестник ФКЦБ», «Деловой экспресс», «Коммерсантъ», «Финансовая газета», «Экономика и жизнь» и др.), базы данных нормативных актов («Гарант», «Консультант+»), системы данных рейтинговых агентств, информационные системы биржевых систем, оценочные и прогностические материалы аналитических отделов банков, экспертные оценки и др.

Поскольку инвестиционный риск характеризует вероятность неполучения прогнозного дохода, то его уровень оценивается как отклонение ожидаемых доходов по инвестициям от средней или расчетной величины. При расчете вероятности получения ожидаемого дохода могут быть использованы как статистические данные, так и экспертные оценки.

Использование статистических методов для оценки рисков инвестиционной деятельности в российской эко-

номике носит ограниченный характер, что связано с отсутствием или непредставительностью статистических данных по многим объектам инвестирования.

Следующая стадия процесса регулирования рисков связана с разработкой мероприятий по их страхованию. В качестве объектов страхования может рассматриваться как весь комплекс рисков, присущих данному виду инвестирования, так и наиболее значимые риски (в частности те, на долю которых приходится свыше 5 % от значения совокупных рисков). В последнем случае существенные риски выделяются в отдельный блок с тем, чтобы выработать конкретные мероприятия по их снижению. Общими способами страхования риска является диверсификация рисков, создание специальных резервов, полная или частичная передача рисков специализированным кредитно-финансовым институтам – страховым компаниям, система заключения срочных контрактов и сделок на рынке ценных бумаг, предоставление гарантий, включение защитных оговорок в заключаемые договоры.

Завершающей стадией процесса управления рисками выступает ретроспективный анализ результатов. Проведение такого анализа вполне обоснованно, так как дает возможность сравнивать планируемые и достигнутые результаты регулирования рисков, учесть полученный опыт для оптимизации процесса регулирования рисков в будущем [4].

Инвестиционные проекты реализуются ради финансовой выгоды, поэтому все необходимые затраты планируются заранее, а в дальнейшем, в рамках реализации проекта, должен осуществляться квалифицированный финансовый менеджмент, так как риск появления незапланированных затрат есть всегда.

Таким образом, приведенный методологический подход к управлению инвестиционными рисками может быть использован при подготовке решений о реализации инвестиционных проектов на промышленных предприятиях. Оптимальный набор инструментов, исследованных в данной работе, позволит избежать инвесторам использование дополнительных финансовых ресурсов.

Безусловно, использование предложенных методов управления инвестиционными рисками требует накопления больших объемов информации, средств ее обработки, обширного багажа теоретических и практических знаний, высокой квалификации специалистов-аналитиков, их способности к конструктивному мышлению и прогнозным оценкам. Все это делает процесс управления рисками весьма сложным, трудоемким и дорогостоящим. Однако, как показывает практика, недостаточное внимание к процессам регулирования рисков ставит под вопрос не только возможность максимизации прибыли, но и финансовую устойчивость субъектов инвестиционной деятельности.

Библиографический список

1. Инвестиционная деятельность / Н. В. Киселева, Т. В. Боровикова, Г. В. Захарова и др. М. : Кнорус. 2005.

2. Карпов, А. В. Формирование единой системы классификации рисков в инвестиционной деятельности / А. В. Карпов // Финансы и кредит. 2008. № 29. С. 22–28.

3. Шибаева, Н. А. Системообразующие элементы анализа и оценки эффективности управления инвестиционными процессами / Н. А. Шибаева, О. В. Глазков // Региональная экономика. 2008. № 8. С. 24–23.

4. Разумов, И. В. Качество менеджмента и инвестиционная привлекательность промышленных предприятий / И. В. Разумов // Финансы и кредит. 2007. № 20. С. 12–13.

T. I. Ostrovskih

MANAGEMENT OF INVESTMENT RISKS

The types and systems of risk occurrences during investing under the circumstances of inner and outer factors are under consideration. The management methods of investment risks and factors influencing the efficiency of the investment activity are offered.

Keywords: investment activity, risk occurrences, investments, enterprise.

УДК 658.011

Л. В. Ерыгина, С. А. Максимов

СИСТЕМА КОНТРОЛЛИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Предложена модель внутрифирменного планирования в системе контроллинга на предприятиях ракетно-космической промышленности. Рассматриваются основные элементы системы контроллинга.

Ключевые слова: контроллинг, ракетно-космическая промышленность, интерактивная система показателей, диагностическая система показателей, бюджетирование.

В настоящее время ракетно-космическая промышленность (РКП) в состоянии обеспечить осуществление космической деятельности в социально-экономической, научной и оборонной сферах развития РФ. Но вместе с тем развиваются кризисные тенденции, разрушающие потенциал отрасли, среди которых опасность утраты научно-технологического и производственного потенциала, вытеснение отечественных компаний с мирового космического рынка, в том числе из традиционных секторов (предоставление услуг связи и навигации, дистанционного зондирования земной поверхности) [1]. Все это говорит о необходимости повышения эффективности функционирования РКП.

Так, в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ целью государственной политики в ракетно-космической сфере является формирование экономически устойчивой, конкурентоспособной, диверсифицированной РКП, обеспечение гарантированного доступа и необходимого присутствия России в космическом пространстве [2].

Одним из приоритетных направлений указанной концепции является проведение организационных преобразований в РКП. Согласно этому направлению к 2015 г. будут образованы 3–4 крупные российские ракетно-космические корпорации, которые к 2020 г. будут полностью обеспечивать выпуск ракетно-космической техники для решения экономических задач, задач обороноспособности и безопасности страны, эффективную деятельность России на международных рынках [2].

Однако создание интегрированных структур не решает основную внутреннюю проблему совершенствования системы контроллинга и бизнес-процессов на предприятиях РКП, которая обусловлена их низкой организационной эффективностью. Объективной причиной такого положения является тот факт, что в рыночных условиях управление предприятиями РКП значительно изменилось и усложнилось: возросла самостоятельность и ответственность предприятий, увеличилось количество возможных альтернатив принятия решений. Кроме того, в рыночной экономике долговременные перспективы развития предприятий определяются эффективностью внутрисистемных управленческих решений, являющихся основой их успешной и стабильной деятельности. Такие решения принято называть стратегическими, а систему их подготовки, принятия и практической реализации – стратегическим планированием. В свою очередь, в системе стратегического планирования осуществление обратной связи, информационного обеспечения и общей координации всех элементов системы выполняет стратегический контроллинг, выступающий системой профессиональной управленческой деятельности и повышающий в целом эффективность стратегического планирования.

Основными проблемами, отражающими низкую организационную эффективность предприятий РКП, являются следующие: неэффективное использование организационно-структурного стратегического потенциала предприятия (высшее руководство перегружено решением текущих задач, что не позволяет в должной степени сосредоточиться на стратегических проблемах предприятия, ведет к распыленности управленческих усилий); ассиметричность организационного строения в сторону вертикальных связей (слабая координация деятельности подразделений); отсутствие эффективной информационной системы, обеспечивающей принятие стратегических решений; неэффективная система планирования (отсутствие интеграции экономического планирования с финансовым, невозможность проведения сценарного анализа и анализа финансовой устойчивости предприятия к изменяющимся условиям деятельности). В связи с этим возникает необходимость применения контроллинга как наиболее перспективного в настоящее время направления развития системы управления предприятием, объединяющего теории принятия решений, информационного обеспечения и организационного моделирования. Построение системы контроллинга предлагается провести на основе базовой концепции системы планирования, описанной в работе [3]. Данная концепция выделяет следующие комплексы планирования:

– генеральное целевое планирование;

– стратегическое планирование;

– оперативное планирование;

– сводное общефирменное и финансовое планирование.

Обеспечение обратной связи и координации элементов системы контроллинга могут выполнять следующие системы показателей:

– интерактивная система показателей;

– диагностическая система показателей;

– бюджетирование.

Учитывая вышесказанное, предлагается модель внутрифирменного планирования в системе контроллинга предприятия (см. рисунок).

В рамках генерального целевого планирования на основании результатов исследования внешней и внутренней среды предприятия, проводимого в рамках стратегического планирования, разрабатывается стратегическая

концепция, в которой представляется миссия, целевая картина, включающая материальные, стоимостные, социальные цели предприятия. На основе сформулированных целей строится интерактивная система показателей, выстраивающая общий вектор направленности развития предприятия.

Интерактивные системы показателей дают ясное представление о правильности направления движения предприятия [4] и позволяют высшему руководству в оперативном режиме отслеживать выполнение показателей результативности или пересматривать их. Отчетность по показателям результативности может представляться в виде инструментальной панели.

Интерактивные системы показателей требуют постоянного участия менеджмента, «подгоняют» предприятия, генерируя напряженность, и имеют характер расширяющей системы. В качестве интерактивной системы можно использовать концепцию селективных показателей Вебера [5].

В рамках стратегического планирования принимаются решения о том, какими путями должны быть достигнуты принятые стратегические цели и показатели деятельности, и разрабатывается общая программа развития предприятия.

Мероприятия общей программы развития предприятия детализируются до уровня текущих действий и различного сервисного обеспечения этих действий. Данная деятельность осуществляется в рамках оперативного и финансового планирования.

Для связи мероприятий общей программы развития предприятия с оперативными действиями используются диагностические системы показателей. Данные системы не требуют постоянного внимания со стороны менеджмента, саморегулируются с помощью сигналов обратной связи и носят стабилизирующий характер [5]. В качестве подобных систем могут применяться Du Pont, Pyramid Structure of Ration, ZVEI, RL, сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard) и др.

Бюджетирование используется для связи действий оперативных подразделений с возможностью обеспечить эти действия финансированием.

В целом увязка комплексов планирования в единую систему посредством различных систем показателей позволяет отслеживать ход реализации стратегии и осуществлять контроль за достижением стратегических целей и показателей деятельности.

Следует отметить, что предложенные выше к применению системы показателей подлежат адаптации в соответствии со спецификой деятельности предприятий РКП, или рекомендуется разрабатывать собственные системы показателей.

Таким образом, использование вышеописанной модели дает следующие преимущества:

– повышается эффективность использования организационно-структурного стратегического потенциала предприятия (обеспечиваются децентрализация и гибкость управления благодаря делегированию части полномочий высшего руководства);

– появляется возможность координировать деятельность подразделений, что позволяет перейти от вертикального управления к управлению вертикально-горизонтальному;

– обеспечивается становление и развитие информационной системы, предоставляющей стратегическую информацию для принятия эффективных управленческих решений;

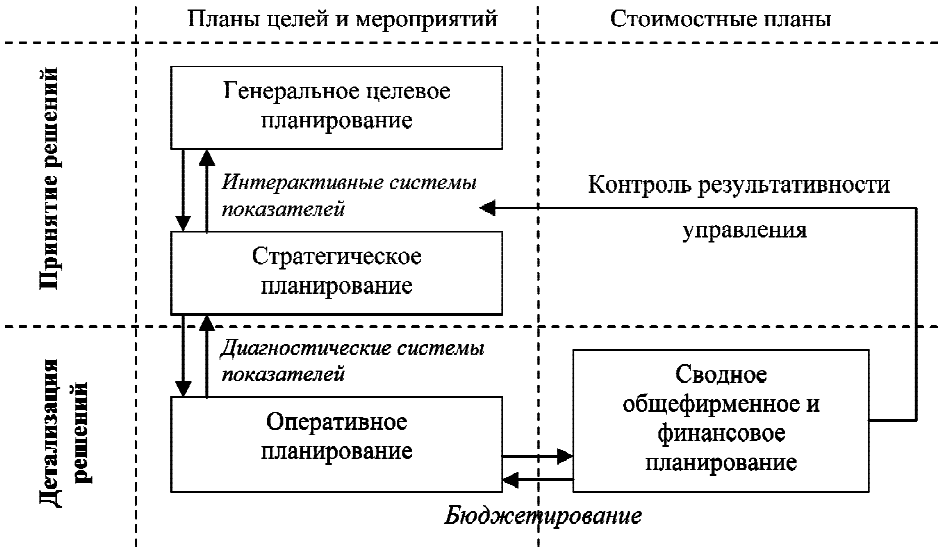
– повышается эффективность системы планирования (предполагается использование бюджетирования).

Рассмотрим вопрос практического применения предлагаемой модели на примере ФГУП «Красмаш». На предприятии процесс управления осуществляется в рамках функциональной организационной структуры. Проанализируем внедрение модели в рамках преобразования существующей структуры данной организации.

Практическое применение и успешное функционирование предлагаемой модели на предприятии возможно при выполнении следующих условий:

– наличия эффективной команды (представителей высшего руководства), главной задачей которой является принятие соответствующих стратегических решений;

– выделения в организационной структуре предприятия отдела (центра) стратегического развития, который



Модель внутрифирменного планирования в системе контроллинга предприятия

осуществляет деятельность по разработке стратегии во взаимодействии с функциональными службами, координации их действий и реализации выработанной стратегии;

– наличия эффективной информационной системы и использования методов процессного управления, позволяющих оптимизировать процессы на предприятии под выработанную стратегию;

– наличия планов целей и мероприятий, которые должны быть увязаны с финансовым планом;

– наличия системы мотивации персонала, направленной на достижение целей и показателей деятельности предприятия.

Среди перечисленных условий на ФГУП «Красмаш» в большей степени выполняется третье условие, выражающееся в использовании системы менеджмента качества (СМК). Эта система позволяет синхронизировать процессы на основе внедрения стандартов и ориентирована на реализацию требований клиентов. Однако улучшение деятельности по процессам осуществляется без системной увязки. Применение предлагаемой модели позволит нивелировать недостаток СМК и получить эффект от совместного использования.

Для удовлетворения остальным условиям на ФГУП «Красмаш» необходимо провести следующие мероприятия:

– создать совет по стратегическому развитию (осуществление генерального целевого планирования);

– внедрить практику проведения координационного совещания по стратегическому развитию (оценка хода реализации стратегии – рассмотрение отчета отдела (центра) стратегического развития);

– создать отдел (центр) стратегического развития с прямым подчинением генеральному директору предприятия, выделив бюро стратегического планирования из состава планово-экономического отдела (ПЭО), осуществить набор высококвалифицированного персонала на базе «смешанной команды» по соответствующим функциональным направлениям (осуществление стратегического планирования и стратегического контроллинга, разработка на основе утвержденной стратегии общей программы развития предприятия, координация текущей деятельности функциональных служб по реализации мероприятий программы и др.);

– создать планово-бюджетный отдел на базе ПЭО и финансового отдела (внедрение бюджетирования – интеграция экономического и финансового планирования, проведение сценарного анализа и др.);

– разработать положения по премированию менеджеров, увязанные с интерактивной системой показателей.

В процессе акционирования предприятия и создания интегрированной структуры вышеуказанные предложения будут рассматриваться, и по каждому из них будет принято решение.

Библиографический список

1. О программе социально-экономического развития Российской Федерации на среднесрочную перспективу (2006–2008 гг.) : распоряжение Правительства РФ от 19.01.2006 г. № 38-р // Собрание законодательства РФ. 2006. № 5. Ст. 589.

2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.economy.gov.ru/wps/wcm/myconnect/economylib/mert/resources/3879cd804ab8615ab426fc4234375027/kdr_15_10_08_itog. doc. Загл. с экрана.

3. Хан, Д. Стоимостно-ориентированные концепции контроллинга : пер. с нем. / Д. Хан ; под ред. Л. Г. Головача, М. Л. Лукашевича и др. М. : Финансы и статистика, 2005.

4. Парментер, Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / Д. Парментер : пер. с англ. А. Платонова. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008.

5. Вебер, Ю. На пути к активному управлению с помощью показателей / Ю. Вебер, У. Шэффер // Проблемы теории и практики управления. 2000. № 5. С. 107–111.

L. V. Erygina, S. A. Maksimov

SYSTEM OF CONTROLLING AT THE ENTERPRISES OF THE SPACE-ROCKET INDUSTRY: BASIC ELEMENTS

The model of company planning in the system of controlling at the enterprises of the space-rocket industry (SRI) is presented in this article. The basic elements of the controlling system are discussed.

Keywords: controlling, space-rocket industry (SRI), interactive system of indicators, diagnostic system of indicators, budgeting.

УДК 65.011.56

В. В. Кукарцев

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОСПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ

Представлена программная реализация имитационной модели воспроизводства основных производственных фондов в среде пакета PowerSim Studio.

Ключевые слова: воспроизводство, имитационная модель, основные производственные фонды.

Постоянно возрастающая сложность и многофакторность задач управления воспроизводством основных фондов на разных уровнях хозяйственного руководства, необходимость обработки в этой связи огромной массы информации при условии высокой точности, трудоемкости, сжатых сроках выполняемых расчетов и многократности их проведения предопределяют широкое развитие автоматизации управления в этой области.

В настоящее время на машиностроительных предприятиях используются автоматизированные системы управления класса ERP, а также целый ряд специализированных систем, созданных специально для управления отдельными процессами (MES, SCP, EAM, СЭД и т. д.). ERP-система выполняет центральную роль, консолидируя в себе данные по всей деятельности компании. Система отвечает за финансы, логистику, отношения с поставщиками и клиентами, за управление персоналом, предоставление консолидированных отчетов по основным параметрам деятельности компании топ-менеджменту. ERP-системой интегрируются специализированные решения: MES осуществляет оперативное управление производством, SCP занимается планированием и оптимизацией цепочки поставок и производства, EAM управляет основными фондами.

Однако существует ряд процессов, которые не поддаются автоматизации с помощью традиционных систем принятия решений (класса ERP). ERP-системы не позволяют учитывать многовариантность решений задач, риски и неопределенность, осуществлять сценарное планирование, делать выводы об устойчивости систем, выявлять неочевидные зависимости и временные лаги между исследуемыми характеристиками.

В этом случае могут успешно применяться системы поддержки принятия решений, создаваемые на базе теории системной динамики.

При использовании теории системной динамики деятельность компании описывается в виде математической модели, в которой все бизнес-задачи и процессы представляются как система взаимосвязанных исчисляемых показателей. Создание подобной визуализированной модели позволяет выявлять и анализировать возможные направления развития тех или иных процессов в компании.

С помощью динамического моделирования можно оценивать рентабельность инвестиционных проектов, выбирать приоритетные направления развития бизнеса, анализировать влияние внешних макроэкономических факторов на рентабельность проектов, оценивать влияние риск-эффектов на результаты деятельности. Также теория системной динамики позволяет создавать имитационные модели производственных систем для оценки возможных последствий принимаемых решений. Появляется возможность оптимизировать материальные, финансовые и информационные потоки компании (как на стратегическом, так и на операционном уровнях), осуществлять их консолидацию по предприятиям и бизнес-сегментам.

Разработка модели начинается с анализа деятельности предприятия. По заключениям экспертов, по историческим данным, по предъявляемым требованиям руководства и будущих пользователей модели строится описательная модель предприятия. Создается так называемая когнитивная модель, отражающая причинно-следственные связи и набор математических зависимостей между различными величинами. При этом активно используются уже существующие на предприятии наработки (формулы, таблицы и т. д.).

На этой основе строится консолидированная математическая модель, которая реализуется средствами визуального программирования. На этом этапе создается расчетная модель. Верификация модели производится с помощью тестовых примеров, проигрывания работы модели на исторических данных, использования экспертного тестирования.

В данной статье рассматривается программная реализация процесса воспроизводства основных производственных фондов (ОПФ) на основе метода системной динамики.

Особенностями данной модели, отличающими ее от ранее созданных, являются следующие:

– моделируются все стадии процесса воспроизводства ОПФ как в натуральной, так и в стоимостной формах;

– моделируются восемь вариантов воспроизводства ОПФ, отражающие экстенсивный и интенсивный характер функционирования и развития ОПФ машиностроительных предприятий;

– моделируется воспроизводство только активной части ОПФ, группа «машины и оборудование», так как в структуре основных фондов машиностроительных предприятий эта группа занимает более 50 %, и именно от эффективности использования этой группы ОПФ, в первую очередь, зависит эффективность деятельности машиностроительных предприятий в целом;

– в предложенной модели широко используются регулируемые контуры положительных и отрицательных обратных связей, что позволяет моделировать новые направления управления на базе накопленного опыта;

– для повышения адекватности модели в ней используется аппарат временных запаздываний как материальных, так и информационных потоков, что позволяет отра-

зить реальные процессы, происходящие при принятии управленческих решений по воспроизводству ОПФ;

– в модели напрямую учитывается фактор времени, который влияет на изменение ее параметров;

– процесс воспроизводства ОПФ моделируется как непрерывный во времени и периодически повторяющийся; в то же время управление этим процессом осуществляется дискретно, т. е. все происходящие события учитываются за определенный период времени (месяц, квартал, год), внутри этих временных интервалов значения не определяются;

– в модели процесс воспроизводства ОПФ в натуральной форме представлен в виде целочисленной задачи, так как моделируются потоки оборудования (количество) на разных стадиях воспроизводства;

– для учета особенностей типа производства (мелкосерийного) для большинства машиностроительных предприятий в модели введены нормативные значения, такие как сменность, загрузка и т. д., для данного типа воспроизводства;

– данная модель в сочетании с оптимизационным алгоритмом представляет собой аналитическую систему, позволяющую проигрывать различные сценарии функционирования и развития основных производственных фондов с учетом имеющихся внешних условий, таких как величина спроса на продукцию, уровень инфляции, стоимость приобретаемого оборудования и т. д., и выбирать оптимальный вариант воспроизводства ОПФ для машиностроительного предприятия.

На первом этапе дается описание основных рефлексивных контуров причинно-следственных связей, возникающих в процессе воспроизводства ОПФ.

Основу имитационной модели воспроизводства оборудования предприятия в натуральной форме составляет рефлексивный контур обратной связи «уравновешивание под воздействием лага реализации решений» (рис. 1), выделенный рамкой. Он интерпретируется следующим образом. Величина необходимой производственной мощности оборудования предприятия должна соответствовать производственной программе. При изменении производственной программы необходимо принимать решения по соответствующему изменению и производственной мощности оборудования. Это может быть увеличение мощности за счет приобретения нового оборудования. Но сразу приобретать оборудование нецелесообразно. Необходимо подождать, так как возможно увеличение количества оборудования в эксплуатации, а соответственно, и производственной мощности за счет находящихся в ремонте и монтаже станков. Такая задержка – это лаг адаптации, который позволяет адаптировать фонд к изменениям факторов, определяемых процедурой принятия решения. Принимаемое решение скажется не сразу на текущем уровне производственной мощности предприятия, а с задержкой в один такт модельного времени.

Основой модели воспроизводства ОПФ в стоимостной форме также является рефлексивный контур обратной связи «уравновешивание под воздействием лага реализации решений» (рис. 2). Он описывается следующим образом. Величина денежного фонда, необходимого для реновации и ремонта оборудования, должна соответствовать текущим и стратегическим потребностям предприятия. При недостаточном уровне денежный фонд должен пополняться как за счет внутренних (амортизация, прибыль и т. д.), так и за счет внешних (кредиты, бюджетные средства и т. д.) источников. Но сразу заимствовать недостающие денежные средства на приобретение нового оборудования или ремонт имеющегося нецелесообразно, так как возможно поступление денежных средств из внутренних источников – амортизационных отчислений или отчислений от прибыли. Такая задержка – лаг адаптации – позволяет приспособить фонд к изменениям факторов, определяемых процедурой принятия реше-

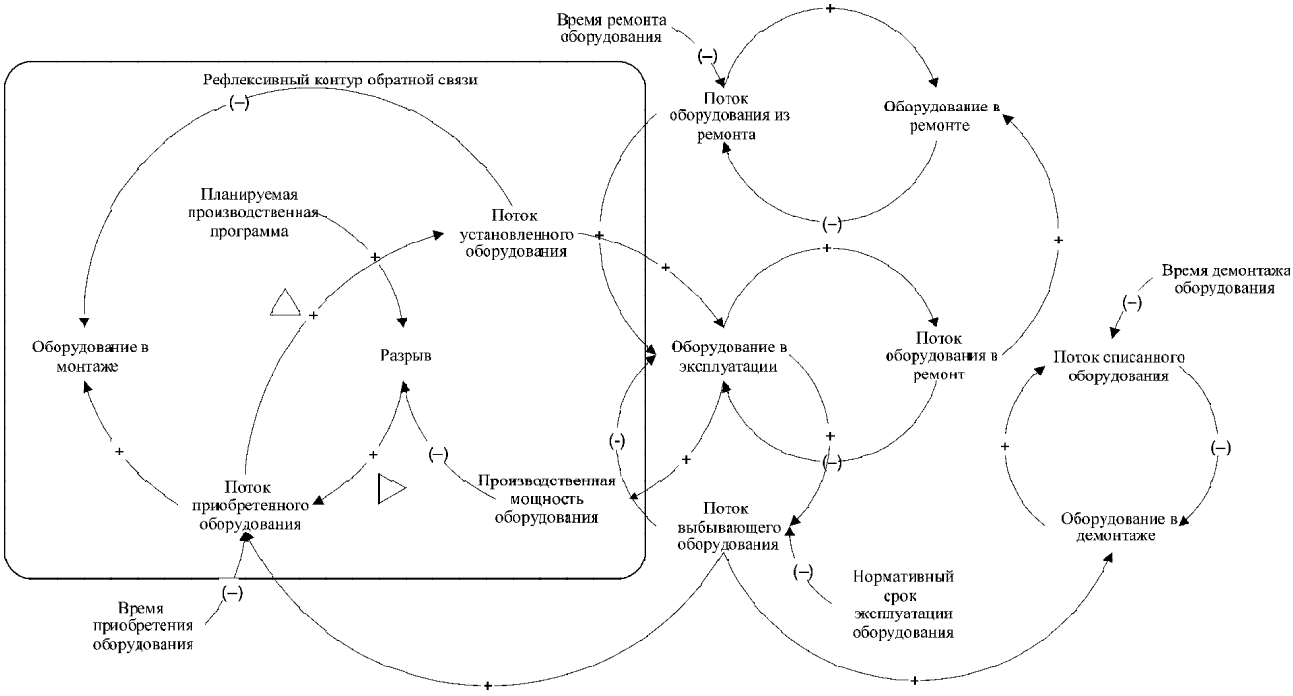


Рис. 1. Идеограмма причинно-следственных связей воспроизводства оборудования в натуральной форме

ния. Принимаемое решение скажется не сразу на текущем уровне денежного фонда предприятия, а с задержкой в один такт модельного времени.

Представленные контуры обратной связи являются основными в модели, остальные контуры обеспечивают их работу.

На втором этапе осуществляется программная реализация процесса воспроизводства ОПФ. Наиболее распространенными программными продуктами, используемыми для реализации моделей системной динамики на ЭВМ, являются PowerSim и Ithink.

PowerSim и Ithink – это компактные, объектно-ориентированные пакеты прикладных программ с Desk-Top внешним интерфейсом, обеспечивающие графическую, вычислительную и информационную поддержку процедурам высокоуровневого системного анализа сложных процессов организации управления, бизнеса, финансов, политики и др.

PowerSim обладает наиболее развитыми инструментами моделирования сложных процессов организации по сравнению с Ithink. Кроме того, в операционную среду пакета PowerSim встроен инструмент оптимизации модели-

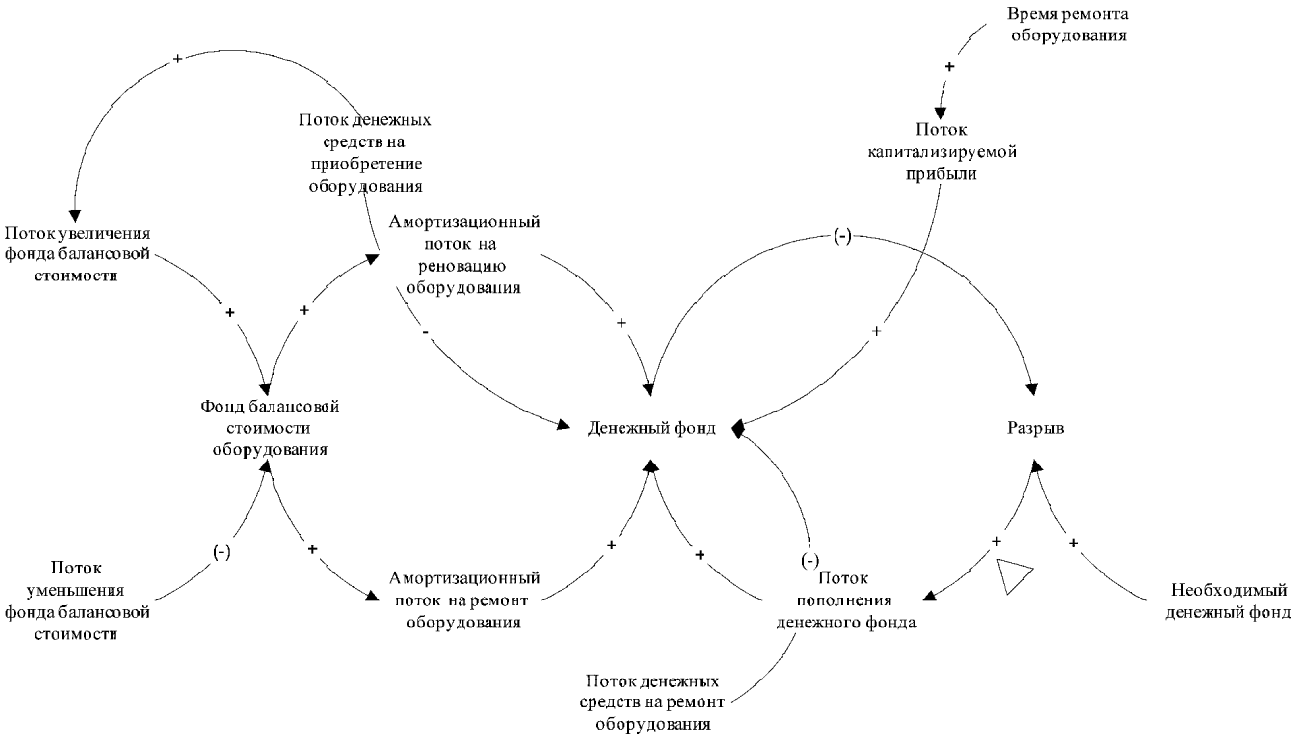


Рис. 2. Идеограмма причинно-следственных связей воспроизводства оборудования в стоимостной форме

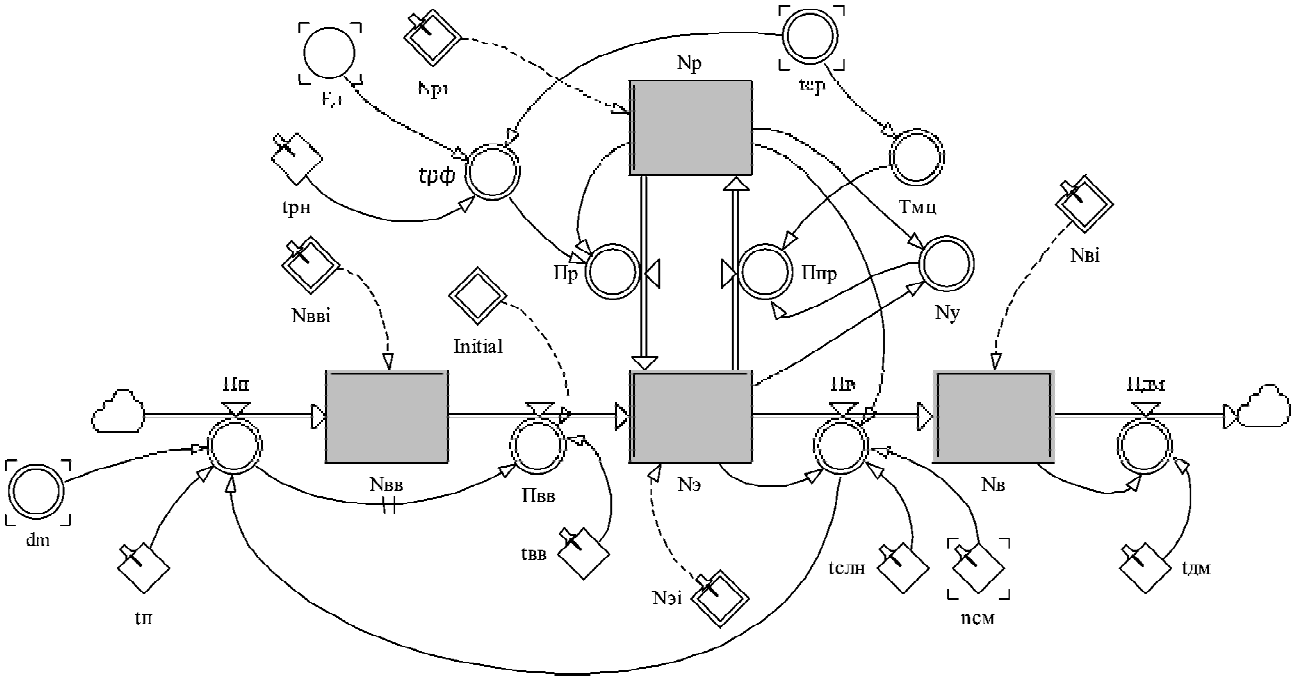


Рис. 3. Идеограмма воспроизводства оборудования в натуральной форме

руемых процессов. Также пакет PowerSim интегрирован в широко распространенную систему (класса ERP) SAP. Поэтому данный пакет был выбран для реализации на ЭВМ имитационной модели управления воспроизводством ОПФ.

Имитационная модель воспроизводства основных производственных фондов состоит из двух подмоделей взаимодействующих фондовых потоков: 1) подмодели воспроизводства основных производственных фондов в натуральной форме (рис. 3); 2) подмодели воспроизводства ОПФ в стоимостной форме (рис. 4). Основной является подмодель воспроизводства в натуральной форме.

В заключение отметим, что построенная имитационная модель воспроизводства оборудования является скелетной (базовой) моделью. К этой модели можно добавлять различные подмодели для вычисления других характеристик или параметров. Функционирование скелетной модели воспроизводства оборудования предприятия будет для этих параметров источником исходной информации, которую можно преобразовать к любому нужному виду. Также необходимо отметить, что разработанную модель можно настроить фактически на любой тип предприятия, поэтому ее можно считать типовой.

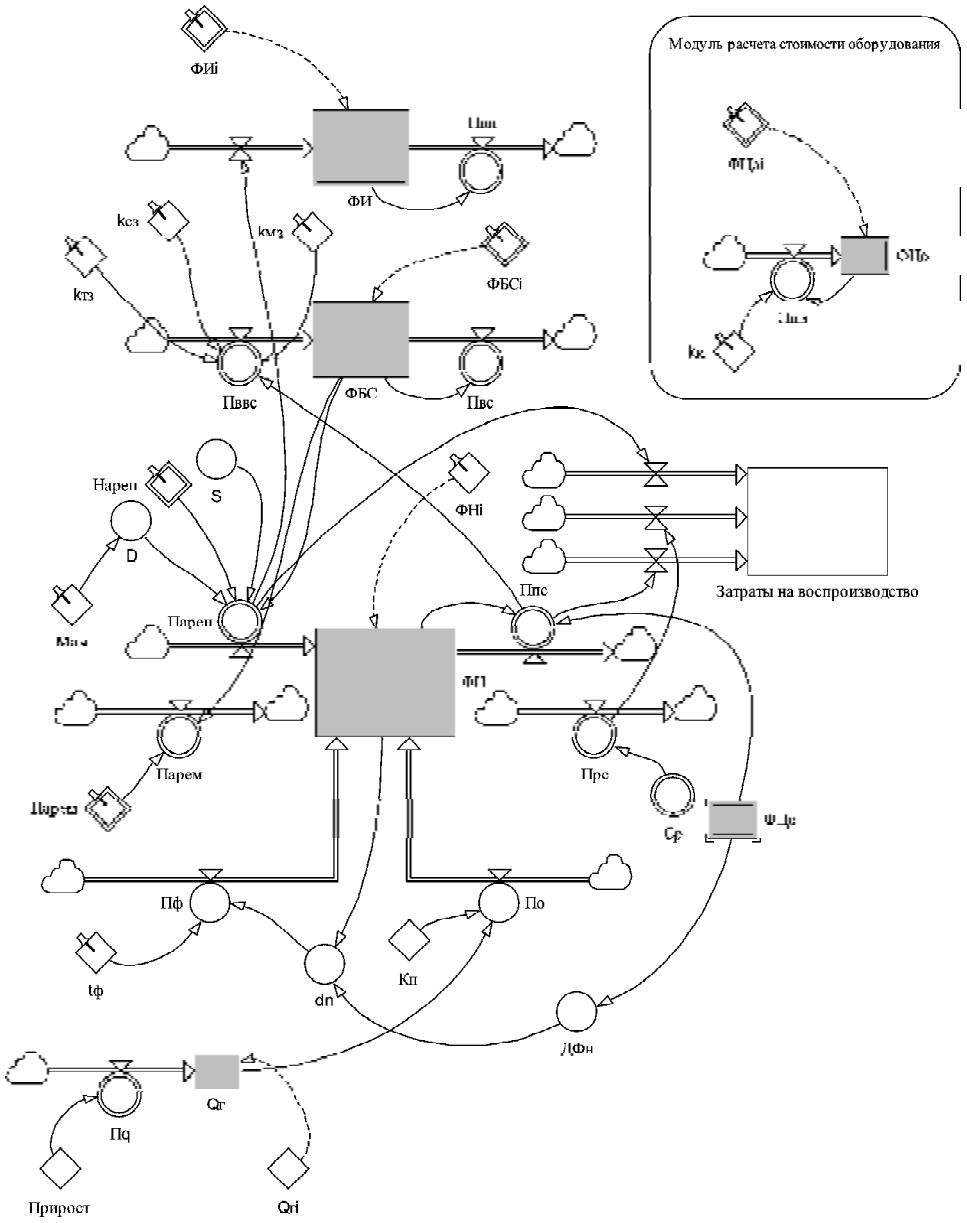


Рис. 4. Идеограмма воспроизводства оборудования в стоимостной форме

V. V. Kukartsev

PROCESS PROGRAMM REALIZATION OF THE CAPITAL STOCK REPRODUCTION

The program realization of the simulated model of capital stock reproduction in PowerSim Studio is described in this paper.

Keywords: reproduction, simulated model, capital stock reproduction.

УДК 336.1:001.895

О. Н. Владимирова

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Дана характеристика тенденций и оценка перспектив использования различных источников финансирования для стимулирования инновационной деятельности. Предложен механизм оптимизации существующих форм путем совершенствования их применения.

Ключевые слова: ценные бумаги, инструменты финансового рынка, источники финансирования, кредит, средства бюджета.

Реализация оптимистичного варианта сценария развития отечественной экономики предполагает более активную работу финансового рынка, который должен позволить субъектам, осуществляющим инновационную деятельность, профинансировать ее на наиболее оптимальных и экономически выгодных условиях. Реализация поставленной задачи предопределяет необходимость анализа тенденций применения и потенциала существующих инструментов и институтов финансового рынка как составляющей инновационной деятельности, что обуславливает цель данной работы.

В последнее время понятие «финансовый рынок» ассоциируется в большинстве случаев преимущественно с его структурными частями – рынком ценных бумаг и банковским сектором, что существенно сужает реальные границы и оставляет вне зоны внимания значительные ресурсы, сосредоточенные в других секторах. Данная проблема рассматривается в работах А. Е. Дворецкой, Л. Н. Красавиной, Б. Б. Рубцова, А. А. Абалкиной и др. [1; 2].

Требует уточнения понятие и определение инновационных инвестиций. По мнению Л. Н. Оголевой, инновационные инвестиции – это разновидность капитала, выполняющего роль особого инвестиционного фактора-ресурса в общественном воспроизводстве, имеющего преимущественную направленность на активизацию научно-технической деятельности, которая сочетает высокие риски и неопределенность конечного совокупного рыночного эффекта с высокой нормой доходности инновационных инвестиций – важнейшего фактора структурного обновления экономики и ее перехода на инновационный тип развития [2]. Акцентирование внимания на обозначенных параметрах обосновывает необходимость адаптации существующих финансовых инструментов к современным условиям. Поэтому вопросы формы источников, институтов и инструментов осуществления инновационных инвестиций с точки зрения повышения эффективности отдачи являются актуальными. Рассмотрим основные виды источников и инструменты их реализации с позиций применения на данном этапе и оценки потенциала в перспективе.

Средства федерального бюджета являются ключевыми инновационной и инвестиционной составляющей с позиций базового элемента. При этом параметры государственной доли участия ограничиваются необходимостью выполнения социальной функции. Совокупная бюджетная поддержка обеспечивает лишь 4 % общих затрат на инновации, из которых почти половина средств федерального бюджета сосредоточена в высокотехнологичных отраслях, и в частности, в производстве изделий медицинской техники, средств измерений, оптических приборов и аппаратуры [3]. Следует отметить, что в условиях кризиса доступность этих средств будет сокращаться вследствие корректировки параметров самого бюджета. Так, если в первоначальной редакции закона «О федеральном бюджете на 2009 г. и на плановый период 2010–2011 гг.» профицитный характер предполагался за счет превышения объема доходов в 10,92 трлн. руб. над расходами в сумме 9,02 трлн. руб., то внесенные поправки фиксируют наличие дефицита в результате сокращения доходной части до 6,7 трлн. руб. и увеличения расходной до 9,7 трлн. руб. [4]. В макроэкономическом разрезе такой источник финансирования нельзя отнести к категории рыночных, что отрицательно влияет на конечную результативность.

Средства бюджетов субъектов Федерации в большинстве случаев можно рассматривать в качестве потенциальных источников. Причиной, как правило, служит наличие дефицитов, которые частично покрываются дотациями, субвенциями, трансфертами из бюджетов вышестоящих уровней, т. е. федерального бюджета. Если в докризисный период около 20 субъектов Федерации представляли собой регионы-доноры и обеспечивали свое участие в финансировании инновационных проектов, то с 2009 г. многие сменили свой статус. В частности, в Красноярском крае принят закон о краевом бюджете на 2009 г. с дефицитом в 19,6 млрд рублей, для покрытия которого предполагается привлечение средств в форме выпуска государственных ценных бумаг (облигаций) в трехлетний период траншами в 19,6 млрд руб., 15,7 млрд руб. и 14 млрд руб. При этом обозначенные совокупные объемы финансирования краевых целевых и ведомственных программ составляют, соответственно, 14,8 млрд руб. и 89,5 млрд руб. [5]. В современных условиях наличие позитивной публичной кредитной истории не может выступать гарантом успешной реализации предлагаемого варианта сокращения дефицита и реально предположить сокращение расходов как в целом, так и по отдельным направлениям. Социальная ориентация бюджетных источников позволит осуществлять секвестирование в части «незащищенных» статей.

В отраслевом аспекте ресурсы региональных и местных бюджетов наиболее активно используются в среднетехнологичных отраслях (77,5 %) [3]. В Красноярском крае

все они преимущественно реализуются в металлургическом производстве, нефтедобывающем, перерабатывающем и лесном комплексах.

Средства, полученные от эмиссии региональных, муниципальных и корпоративных облигаций составляют незначительный удельный вес – порядка 10 %. Практика заимствований, к сожалению, не дает возможности реально рассматривать данный вариант в качестве полноценного источника и инструмента финансирования. В Красноярске с 2004 г. реализуется программа жилищного строительства за счет выпуска облигаций городского жилищного займа. Объем эмиссии в 2004 г. составил 630 млн руб., в 2005 г. – 1 млрд руб. Обязательства были погашены в срок в полном объеме, цели займа были достигнуты. Однако структура муниципального долга к концу 2008 г. была представлена только 1,4 % облигационных займов и 88 % банковских кредитов. Складывающийся дисбаланс имеет экономическую подоплеку: стоимость привлечения банковских кредитов намного дешевле расходов на осуществление эмиссии облигаций. В то же время муниципалитеты в целях диверсификации сохраняют рассматриваемую форму финансирования. В 2009 г. в Красноярске планируется разместить облигации городского жилищного займа номинальной стоимостью 1 000 руб. сроком обращения на 2 года с ежеквартальной выплатой 6 % годовых на общую сумму 200 млн руб.

На уровне субъектов Федерации обращение к инструментам заимствований на фондовом рынке приоритетно направлено на возможность обеспечения своевременного финансирования текущих нужд, а не стимулирования инновационной и инвестиционной составляющей (в качестве примера могут выступать облигационные займы Красноярского края 2005–2006 гг., Новосибирской области и т. д.).

Опыт корпоративных облигационных займов подтверждает неспособность эмитентов давать реальную оценку своим финансовым возможностям, следствием чего является значительное число дефолтов по выпущенным обязательствам. С января по ноябрь 2008 г. было зафиксировано 47 случаев просрочки в исполнении эмитентами обязательств по 34-м выпускам облигаций, из которых 16 случаев по 11-ти займам перешли в разряд полноценных [6]. Прогнозы аналитиков в этом направлении пессимистичны, поэтому отчасти вызывает непонимание предусмотренная в антикризисной программе правительства мера, разрешающая расширение возможностей для выпуска необеспеченных облигаций.

Выручка от реализации акций и других ценных бумаг инновационных программ инвестиционным, инновационным, венчурным, страховым, лизинговым фондам и компаниям, а также другим категориям инвесторов – достаточно новая форма для отечественной экономики. Развитие и восстановление фондового рынка, создание новых финансовых институтов относится к 1990-м гг. прошлого столетия. Генезис рынка ценных бумаг позволил рассматривать его в качестве полноценной базы только к 2005–2006 гг., и в настоящее время перспективы эффективного применения данного источника на фоне падения капитализации отечественного фондового рынка (по разным оценкам экспертов на 65–70 %) реально просматриваются в ближайшие 4–5 лет. При этом следует принять во внимание наличие регуляторов финансовых институтов, устанавливающих для них ограничения по параметрам инвестиций в рассматриваемые активы с целью минимизации рисков банкротства эмитентов, невозврата привлеченных средств и др. В частности, страховым компаниям разрешено вкладывать средства в строго определенные виды ценных бумаг и в соответствии с установленными рамками. Любые нарушения влекут за собой штрафные санкции со стороны Федеральной службы страхового надзора, вплоть до лишения лицензии на право осуществления страховой деятельности.

Обращение к показателям рынка долевых ценных бумаг подтверждает негативную тенденцию – приоритетную эмиссию акций не как источника долевого финансирования, а в целях выполнения требования законодательства в части соответствия параметрам организационно-правовой формы. Исключением смотрятся на этом фоне предприятия, занимающие лидирующее, а иногда и монопольное, положение на рынке (Газпром и др.).

Внебюджетные фонды фундаментальных исследований (РФФИ), технологического развития (РФТР), экологии, содействия малому бизнесу и др. организованы для оказания целевой финансовой помощи. Значительная роль принадлежит Инвестиционному фонду, общий объем средств которого в 2009 г. планируется в размере 85,7 млрд руб. Создание данного института ориентировано на финансирование бизнес-проектов стоимостью не менее 5 млрд руб. в течение 5 лет на условиях участия частного инвестирования не менее 25 %. Рентабельность проектов должна колебаться в диапазоне 4–11 %. Предусматривается следующий формат участия: а) прямое софинансирование; б) участие в акционерном капитале предприятия; в) система госгарантий. В настоящий период оказывается поддержка по 8-ми проектам, в том числе программе комплексного развития Нижнего Приангарья, на реализацию которой планируется затратить 358, 7 млрд руб. (в том числе из Инвестфонда 34,22 млрд руб.)

В 2006 г. также была создана Российская венчурная компания (РВК) с уставным капиталом 28,2 млрд руб., через которую должно осуществляться стимулирование венчурных инвестиций и высокотехнологичного сектора в целом. За прошедший период с участием РВК было создано 7 венчурных фондов с общим объемом капитала 18,96 млрд руб. Неоднозначно можно оценить сегментацию инвестиций по территориальному признаку: 47 % – Москва, 19 % – Пермский край, по 9 % – Брянская область и Санкт-Петербург, 6 % – Нижегородская область и 4 % – Московская область [7]. Таким образом, достаточно четко прослеживается концентрация средств на географическом пространстве до Урала, что подчеркивает структурные дисбалансы и ограниченность в реализации инновационных проектов «в глубинке». В 2006 г. в Красноярском крае управляющей компанией «Тройка Диалог» был зарегистрирован венчурный фонд, стоимость чистых активов которого на начальный момент составляла 119,9 млн руб., разделенных на 120 паев (стоимость одного пая 999,9 тыс. руб.). К маю 2009 г. чистые активы оцениваются в 103 млн руб. при стоимости пая 859 тыс. руб. Фактическая финансовая помощь оказана по огра-

ниченному числу проектов, отдача от которой снижена за счет длительного периода оформления и утверждения документации.

Существенная роль отводится Российскому фонду технологического развития (РФТР), образованному в 1992 г. в соответствии с указом Президента «О неотложных мерах по сохранению научно-технического потенциала Российской Федерации», который должен оказывать финансовую поддержку НИОКР, соответствующим приоритетным направлениям развития науки и техники.

В настоящий период в целях оказания поддержки инновациям в России создано более десяти различных фондов, средства которых формируются либо за счет отчислений из бюджетов, либо за счет отчислений предприятий.

Банковский кредит, доступность которого как финансового инструмента вызывает неоднозначные мнения. С одной стороны, классически кредит является наиболее доступным источником, с другой – существующие в России критерии и параметры не могут характеризовать его применение в качестве эффективного инструмента. Предлагаемые кредитными организациями, которых в отечественном банковском секторе насчитывается 1 041, процентные ставки по кредитным продуктам колеблются в диапазоне от 20 до 30 %. В среднем по России рентабельность активов оценивается на уровне 4–5 %, что не позволяет адекватно обслуживать займы под вышеназванные процентные ставки. Нельзя однозначно перекладывать вину только на банки, которые как коммерческие организации ориентированы на максимизацию своих доходов, а в условиях современного мирового кризиса предпринимают попытки сохранить положительный вектор финансовых результатов. Значительная роль принадлежит Центральному банку России, определяющему ставку рефинансирования. В последнее время прослеживается тенденция ее снижения: с 01.12.08 – 13 %, с 24.04.09 – 12,5 %, с 14.05.09 – 12,5 % [8]. Сопоставление с действиями аналогичных мировых институтов в части применения уровня ставки как инструмента регулирования денежно-кредитной политики идет не в пользу нашего регулятора. В европейских странах меры по снижению уровня ставок были предприняты еще осенью 2008 г., и в настоящее время учетная ставка в США составляет 0–0,25 %, в странах, входящих в еврозону – 1 %. Несмотря на ряд мер, принимаемых государством для поддержания отечественного банковского сектора (оказание финансовой помощи в размере более 300 млрд руб.), доступнее кредиты не стали, о чем свидетельствует сокращение объемов выданных в первом квартале 2009 г. кредитов.

Средства предприятия. Существующие условия, формы и методы финансирования по-прежнему оставляют первенство за этим источником при относительном сокращении их удельного веса с 87 % в 1995 г. до 77,3 % в 2006 г. [3]. Чистые денежные потоки трансформируются в виде нераспределенной прибыли, амортизации, частично средств от дивестирования (распродажи) активов. Наибольший удельный вес составляет доля прибыли. Однако следует подчеркнуть позитивные тенденции в части корректировки системы налогообложения, направленные на стимулирование инновационной деятельности на предприятии, что должно привести к увеличению доли амортизационных отчислений. В частности, начиная с 2005 г. существенные изменения внесены в гл. 25 НК РФ, создающие более благоприятные условия для финансирования инноваций:

– расширен перечень фондов поддержки научной деятельности, поступления из которых признаются целевым финансированием;

– увеличен до 1,5 % дохода лимит признания расходов на формирование фондов финансирования НИОКР (Российского фонда технологического развития и других отраслевых и межотраслевых фондов финансирования НИОКР);

– разрешено применять повышающий коэффициент при амортизации основных средств, используемых в научно-технической деятельности (не более 3-х);

– сокращен срок признания расходов на НИОКР, давших и не давших результат, до одного года.

В то же время инвестиционная потребность большинства предприятий не удовлетворяется в должной мере собственными ресурсами (в том числе частично за счет влияния фактора убыточности ряда субъектов либо параметров их деятельности). С макроэкономической позиции данный инструмент не позволяет полноценно модернизировать и оптимизировать структуру национального хозяйства.

Рассмотренные выше формы источников финансирования располагают широким перечнем инструментов, выбор которых оказывает прямое влияние на эффективность инновационной системы (см. таблицу). Данные,

Инструменты финансирования инновационной деятельности

Инструменты финансирования	Мировая практика	Россия
Целевые дотации на НИР	Практически во всех промышленно развитых странах	Незначительная доля
Прямое финансирование (субсидии, займы)	США, Франция	Незначительная доля
Фонды внедрения инноваций	Англия, Германия, Франция, Швейцария, Нидерланды	Незначительное количество
Ссуды без выплаты процентов	Швеция	Средства РФТР
Безвозмездные ссуды	Германия (до 50 % затрат на внедрение новшеств)	Незначительная доля
Снижение государственных пошлин для индивидуальных изобретателей	Австрия, Германия, США	Отсутствует
Отсрочка уплаты пошлин или освобождение от них	Австрия	Отсутствует
Бесплатное ведение делопроизводства и др.	Нидерланды, Германия	Отсутствует

приведенные в таблице, свидетельствуют о неполном использовании мирового опыта стимулирования с точки зрения потенциала финансовой системы.

Обобщая приведенное сопоставление, следует акцентировать внимание на некомплексное применение позитивных элементов зарубежного опыта.

В целом, структура источников финансирования инноваций отражает основные тенденции развития отечественной экономики:

– неразвитость рынка капитала;

– преобладание банковского кредита;

– недостаточность собственных средств субъектов как результата неэффективной государственной и корпоративной финансовой политики;

– наличие законодательных ограничений или в целом отсутствие нормативной базы, не позволяющих оптимально использовать существующий инструментарий финансового рынка;

– централизация концентрации источников по территориальному признаку, сужающая их доступность.

В целях максимизации эффекта от инновационной деятельности целесообразно разработать комплексную программу финансовой поддержки, ориентированную на координацию действий регуляторов всех сегментов финансового рынка, расширения и согласования использования их инструментария, установления диапазонов участия возможных источников финансирования.

Библиографический список

1. Дворецкая, А. Е. Рынок капитала в системе финансирования экономического развития / А. Е. Дворецкая. М. : Анкил, 2007.

2. Красавина, Л. Н. Российский финансовый рынок: проблемы повышения конкурентоспособности и роли в инновационном развитии экономики (по материалам круглого стола, проведенного в Финансовой академии при Правительстве Российской Федерации) / Л. Н. Красавина, Н. И. Валенцева // Деньги и кредит. 2008. № 3. С. 60–75.

3. Кузнецова, И. А. Методология и практика статистического измерения инновационной деятельности в экономике России: современные тенденции / И. А. Кузнецова, С. Ю. Гостева, Г. А. Грачева // Вопросы статистики, 2008. № 5. С. 30–46.

4. Российская Федерация. Законы. О федеральном бюджете на 2009 г. и на плановый период 2010–2011 гг. [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.11.2008 № 204-ФЗ. Режим доступа: http: www.consultant.ru. Загл. с экрана.

5. О краевом бюджете на 2009 г. и плановом периоде 2010–2011 гг. [Электронный ресурс]: закон Красноярского края от 04.12.08 № 7-2558. Режим доступа : http: www.consultant.ru. Загл. с экрана.

6. Пашков Д. Модели корпоративного финансирования в условиях экономической нестабильности / Д. Пашков // Депозитариум. 2008. № 12.

7. Официальный сайт Российской венчурной компании [Электронный ресурс]. Режим доступа : http: www.rusventure.ru. Загл. с экрана.

8. Официальный сайт Центрального банка России [Электронный ресурс]. Режим доступа : http: www.cbr.ru. Загл. с экрана.

O. N. Vladimirova

SOURCES OF INNOVATION FINANCING: TENDENCIES AND PROSPECTS OF APPLICATION

The article is devoted to the description of modern tendencies and estimation of prospects application of various financing sources for innovation activity stimulation. The author proposes the mechanism of optimization for the existing forms by the improvement of their application.

Keywords: securities, financial market instruments, financing sources, credit, budget funds.

УДК 330.332.54

О. В. Гостева

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМАНДЫ ПРОЕКТА

Обоснована необходимость оценки эффективности работы команды проекта, проведен критический анализ классических методов оценки персонала и их применения для оценки команды проекта.

Ключевые слова: команда проекта, персонал, методы оценки работы персонала, задачи оценки команды проекта.

В современный кризисный период, когда выживание предприятия зависит от эффективности стратегических решений, эффективности работы руководства и кадрового потенциала, одним из выходов может быть применение проектного подхода. Необходимость повышения результативности деятельности, концентрации усилий и ресурсов на процессах, создающих ценность, необходимость снижения непроизводительных затрат заставляют руководство предприятий искать более эффективные подходы как к управлению проектами, так и к управлению командой проекта. К сожалению, в литературе, посвященной проектному подходу, вопросам управления командой проекта уделяется весьма скромное место, не делаются особые различия между персоналом предприятия и командой проекта. Но так же как существует принципиальная разница между традиционным управлением и управлением проектами, существует и различие между командой проекта и персоналом. Рассмотрим этот момент подробнее.

Управление проектом – особый вид управленческой деятельности, базирующийся на предварительной коллегиальной разработке комплексно-системной модели действий по достижению оригинальной цели и направленный на реализацию этой модели [1].

Проектное управление только на первый взгляд не отличается от традиционного управления. Функциональное управление делает упор на повышение стабильности выполнения отдельных операций. Процессно-ориентированное управление подчеркивает горизонтальную связь между отдельными работами и операциями, но и в нем основной упор делается на стабильность выполнения процесса в целом, на минимизацию отклонений процесса от ранее заданных показателей, а деятельность по инициации и целеполаганию, планированию и проектированию деятельности остается в стороне. Управление проектами перемещает акцент на управление системами и структурами, определяющими поведение входящих в нее элементов, оно направлено на выявление в системе существующих механизмов самоуправления и их полноценное использование. Проект является целостным образованием, включающим как рычаги управления, так и принципы саморазвития управляемой системы.

Традиционное управление является субъективным, так как в нем на первый план выходят личностные качества руководителя и других активно действующих субъектов. Личностный фактор действительно позволяет справиться со сложной проблемой, но значительно чаще приводит к ситуации, когда группа выдающихся людей достигает весьма посредственных результатов. В то же время направление усилий не на отдельные личности, а на системы и структуры, определяющие поведение коллектива в целом, позволяет группе посредственных исполнителей достигать весьма значительных успехов. Это характерно для управления проектом, которое рассматривает в качестве главного субъекта управления не отдельных людей, а команду проекта, «представляющую нечто большее, чем простая сумма входящих в нее исполнителей» [1].

Таким образом, управление проектом, являясь воплощением системного подхода к управлению, существенно отличается от традиционного управления, соответственно, и управление персоналом отличается от управления командой проекта.

Что же такое команда проекта? Определений, данных различными исследователями, достаточно много, рассмотрим сущность команды с различных позиций (табл. 1).

Понятие команды проекта меняется в зависимости от подхода, но от этого не становится более понятным для практического использования.

По мнению Е. Демидова, в современных организациях все более актуальными становятся следующие вопросы: как спланировать и учесть используемые в проекте ресурсы, прежде всего – труд персонала; кто из сотруд-

Таблица 1

Понимание сущности команды проекта с позиции различных подходов

Подход	Сущность команды проекта (КП)
Системный	КП – субъект управления по отношению к процессам и объектам управления (субъект-объектные отношения) со всеми присущими ему задачами и функциями
Проектный	КП – сквозной развивающийся элемент технологии осуществления проекта
Психологический	КП – самоуправляемый и саморазвивающийся субъект
Подход с точки зрения управления персоналом	КП – специфическая группа, требующая особо подготовленных сотрудников (уникальные профессиональные компетенции, навыки работы в команде, навыки работы в условиях стресса и т. д.)
Подход с точки зрения управления трудовыми ресурсами	КП – автономное структурное образование, имеющее конечный цикл работы

ников организации эффективен, а кто является балластом [2].

Отдельный «пласт» проблем связан со спецификой персонала, работающего в проектных организациях. Творческий труд исследователя, инженера, дизайнера, «креативщика» практически не поддается нормированию; творческие личности вообще плохо укладываются в рамки правил и регламентов, начиная от «неповиновения» графику работы организации и заканчивая формой изложения результатов своей работы. Их отношение к материальному вознаграждению своего труда также весьма разнообразно, независимо от его качества и сложности. Сказываются, разумеется, и возрастные особенности. Учитывая дефицит «генераторов идей», а также интерпретаторов этих идей, способных довести их до коммерческого продукта, руководителям проектных организаций приходится искать специфические подходы к управлению коллективом профессиональных сотрудников, формам и методам стимулирования их плодотворной и экономически эффективной работы.

Итак, проектной организации необходимы средства управления себестоимостью отдельных проектов и организации в целом, а также действенные средства стимулирования профессиональных сотрудников организации.

Вышеперечисленные проблемы обусловливают необходимость анализа эффективности работы команды проекта. Каким образом это можно сделать?

Если вновь обратиться к табл. 1, видно, что понятие команды проекта есть и в управлении персоналом, и в управлении трудовыми ресурсами, но важно понимать, что с точки зрения этих подходов команда рассматривается вне связи с конкретным проектом, а в процессе либо подготовки персонала к работе в команде, либо при расчете трудозатрат (см. рисунок). Таким образом, можно говорить о том, что область управления командой проекта является отдельной по отношению к управлению персоналом и управлению трудовыми ресурсами.

Управление персоналом по отношению к проекту является внешним процессом и применяется при подготовке потенциальных членов команды к участию в реализации проекта, т. е. работе в команде (отбор, найм, подготовка базы данных внешних специалистов для приглашения в проект, адаптация, обучение, аттестация, продвижение по «карьерной лестнице», поддержание корпоративной культуры, мотивация, ведение кадровой документации, увольнение). Управление трудовыми ресурсами включает в себя расчет трудозатрат, различных коэффициентов и нормативов, соответствующих специфике данного предприятия. Как видно из перечисленного, управление персоналом и трудовыми ресурсами рассчитаны на стабильную деятельность и на индивидуума, а команда проекта имеет иную природу и требует иных подходов как к управлению, так и к оценке эффективности работы команды.

Задачи, которые решаются с помощью оценки персонала, являются значимыми для предприятия в целом, но не актуальны для команды проекта, потому что оценка персонала – это оценка одного работника в отрыве от группы либо оценка всего коллектива предприятия в целом. Личностный вклад каждого участника команды, конечно, имеет значение, но важно оценить, как этот вклад воздействовал на эффективность работы команды проекта в целом.

Рассмотрим подробнее понятие оценки персонала и методы, применяемые при работе с персоналом (табл. 2).

Из приведенных определений видно, что оценка персонала – это процесс или процедура сопоставления эталона с реальной деятельностью. Оценка персонала решает следующие задачи:

– выбор места в организационной структуре и установление функциональной роли оцениваемого работника;

Разделение областей применения подходов управления персоналом и управления командой проекта

– разработка программы его развития;

– определение степени соответствия заданным критериям оплаты труда и установление ее величины;

– определение способов внешней мотивации работника.

Дополнительные задачи оценки персонала следующие:

– установление обратной связи с работником по профессиональным, организационным и иным вопросам;

– удовлетворение потребности работника в оценке собственного труда и качественных характеристиках.

Для команды проекта важно оценить эффективность работы в целом и вклад каждого участника команды.

Рассмотрим методы, которые применяются для оценки персонала, и возможность их применения для оценки работы команды проекта (табл. 3).

Часто встречается подмена понятий «оценка персонала», «оценка видов работ», «оценка HR-подразделения», «оценка результатов труда» как в понятиях, так и в методиках, предложенных различными авторами. Ни в одной из предложенных методик нет прямой оценки эффективности работы группы, тем более нет оценки команды. Показатели и критерии, предложенные в рассмотренных методиках, не учитывают динамику среды, в которой происходит деятельность.

Классические методы оценки персонала рассчитаны:

– на стабильную организационную структуру, а следовательно, на стабильный вид деятельности предприятия, что не соответствует быстроменяющимся рыночным условиям и жесткому давлению конкуренции в настоящее время;

– стабильную работу, не требующую креативного подхода, что не соответствует условиям работы команды проекта;

– оценку работы одного работника, не учитывая эффекта группы.

Классические методы оценки персонала применимы при подборе или найме персонала как на предприятие, так и в команду проекта, при анализе личностных индивидуальных достижений работника, при принятии решений относительно карьеры работника. Для оценки эффективности работы команды проекта необходимы иные подходы и методы, которые позволили бы следующее:

– выявить слабые места в работе команды проекта, чтобы усилить их в других проектах;

– сравнить эффективность работы команд между собой, что особенно актуально для предприятий, осуществляющих типовые проекты;

– распределять мотивационный (премиальный) фонд в соответствии с эффективностью работы и адресно, сделать систему премирования прозрачной;

– учитывать контекстные ограничения проекта (сопротивление среды, ценность результата, сложность задачи) и сложность самого проекта;

– создать систему повышения уровня компетенций потенциальных участников команды проекта с учетом специфики предприятия;

– создать систему повышения уровня зрелости управления проектами на предприятии;

– увеличить количество успешных проектов, снизить затраты.

К сожалению, в современных условиях нет методики, позволяющей решить вышеуказанные задачи. Своевременная разработка такой методики позволит упростить и сделать более эффективной работу не только команды проекта, но и всего предприятия в целом.

Хочется надеяться, что уточнение вопросов, связанных с эффективностью работы команды проекта, критический анализ понятий и методов классического управления персоналом и возможности их применения для оценки эффективности работы команды проекта позволит практикующим специалистам более точно опреде-

Таблица 2

Определение понятия оценка персонала

Определение понятия	Автор
Оценка персонала – деятельность уполномоченных на ее осуществление лиц по определению степени пригодности того или иного человека к выполнению возложенных на него обязанностей, достигнутых успехов, степени выраженности необходимых для работы качеств	В. Р. Веснин
Деловая оценка персонала – это целенаправленный процесс установления соответствия качественных характеристик персонала (способностей, мотиваций и свойств) требованиям должности и рабочего места *Оценка результатов труда* – одна из функций по управлению персоналом, направленная на определение уровня эффективности выполнения работы *Анализ работы* – процесс и систематическое исследование работы по определению наиболее существенных ее характеристик, а также требования к исполнителям данной работы	А. Я. Кибанов
Оценка персонала – процесс определения эффективности выполнения сотрудниками организации своих должностных обязанностей и реализации организационных целей	С. В. Шекшня
Оценка видов работ – систематический процесс, устанавливающий относительную ценность различных видов работ внутри организации (умышленно избегает рассматривать ценность работников, является основой для структуры зарплаты) *Оценка персонала* сводится: а) к оценке организации; б) оценке оргкультуры; в) оценке HR-подразделения; г) оценке компетенции; д) обратной связи	М. Армстронг
Оценка руководителей – отличается от простой оценки персонала и включает: а) выполнение плана (задания); б) выполнение должностной инструкции; в) профессиональное поведение (сотрудничество, способность принимать решения, брать ответственность); г) личностные качества	Т. Ю. Базаров, Б. Л. Еремин

лить уровень зрелости управления проектами на своем предприятии и избежать многих заблуждений и разочарований в практике применения проектного подхода.

Библиографический список

1. Разу, М. Л. Управление проектом. Основы проектного управления / М. Л. Разу. М. : Кнорус, 2007.

2. Демидов Е. Экономика проектной организации / Е. Демидов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iteam.ru/articles.php. Загл. с экрана.

3. Армстронг, М. Практика управления человеческими ресурсами / М. Армстронг. СПб. : Питер, 2005.

Таблица 3

Описание методов оценки персонала

Метод и его описание	Автор
Метод 360 градусов – систематический сбор данных о показателях труда отдельного работника или группы, полученных от ряда заинтересованных лиц	В. Р. Веснин
Метод аттестации персонала – процедура определения квалификации, уровня знаний, практических навыков, деловых и личностных качеств работников, качества труда и его результатов и установления их соответствия (несоответствия) занимаемой должности. Аттестация служит юридической основой для изменения положения работника в организации (остальные методы не имеют юридической силы)	А. Я. Кибанов,
Методы анализа работы: *Наблюдение* – получение моментальной картины того, что работник делает в исследуемом интервале, и фиксация частоты выполнения исследуемых операций *Собеседование* – прямой диалог между аналитиком, работником и руководителем *Вопросники* – структурированный сбор информации от большого количества людей, работающих на разных местах	А. Я. Кибанов
Метод бенчмаркинга (показатели деятельности HR-службы сравниваются с аналогичными данными других компаний)	С. Тенендаум Р. Биард, Е. Салас
Метод Дж. Филипса (5 формул): 1) оценка инвестиций в HR-подразделение = расходы службы персонала /операционные расходы; 2) оценка инвестиций в HR-подразделение = расходы службы персонала / количество работников; 3) показатель отсутствия на рабочем месте = прогулы + количество сотрудников, уволившихся неожиданно; 4) показатель удовлетворенности = число удовлетворенных своей работой сотрудников, %; 5) критерий, определяющий согласие в организации	М. Армстронг [3]
Метод Д. Ульриха (5 способов): 1) показатель эффективности на единицу сырья, одного работника или единицу зарплаты; 2) показатель скорости бизнес-процессов; 3) расходы и иные результаты при проведении специальных программ и инициатив, аналог ROI (показатель отдачи инвестиций); 4) навыки работников, лояльность, моральный климат в коллективе; 5) скорость бизнес-процессов до нововведений и после	Т. Ю. Базаров, Б. Л. Еремин
Методы выполнения оценочных процедур: – описательный метод; – метод свободной бальной оценки; – рейтинговый метод; – метод анкет и сравнительных анкет; – метод оценки по факторам результативности; – метод шкалы наблюдения за поведением	В. Р. Веснин

O. V. Gosteva

EFFECTIVNESS ASSESSMENT OF PROJECT TEAM WORK

The necessity of effectiveness assessment of project team work is given; critical analyses of classic methods staff assessment and its application project team assessment in the article are shown.

Keywords: project team, staff, methods of staff work assessment, target of project team assessment.

УДК 338.3.001.76

И. В. Рябищук, А. А. Лукьянова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ФАКТОРА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА[1]

Рассматривается актуальность перехода российской экономики на инновационную модель развития. Инновационный потенциал представлен в виде системной составляющей роста национальной экономики.

Ключевые слова: инновационный потенциал, экономическое развитие, предприятия оборонно-промышленного комплекса.

Задача определения механизмов формирования и методов оценки инновационного потенциала достигается путем проведения анализа структурных составляющих и ряда классификаций инновационного потенциала.

В условиях глобализации экономики, ужесточения конкурентной борьбы и перехода России к устойчивому развитию в значительной степени возрастает роль инновационной деятельности предприятий. Закон Красноярского края от 10 июля 2008 г. № 6-2000 «О государственной поддержке научной, научно-технической и инновационной деятельности на территории Красноярского края» в соответствии с Конституцией Российской Федерации, федеральными законами, нормативно-правовыми актами Российской Федерации, Уставом Красноярского края и законами Красноярского края регулирует вопросы, связанные с оказанием государственной поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности на территории Красноярского края. В данном законе понятие «инновационная деятельность» трактуется как деятельность, направленная на трансформацию результатов интеллектуальной деятельности, формализованных в виде изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений, топологий интегральных микросхем, баз данных, ноу-хау, программ для ЭВМ, результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в товары (работы, услуги) и их последующую реализацию непосредственно или в составе наукоемкой продукции (товаров, работ, услуг). При этом под понятием инновации (нововведения) будем понимать конечный результат инновационной деятельности, реализованный в виде нового или усовершенствованного продукта, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности (экономическом обороте) [1].

Нововведения (инновации) связывают с различными сторонами деятельности организаций и рассматривают их как основной фактор экономического развития. Без нововведений невозможно обеспечивать рост уровня производительных сил, создавать условия для эффективного развития производства. Как свидетельствует мировой опыт, именно инновационная деятельность, основанная на высоких технологиях, обеспечивает диверсификацию экономики и формирование ее новых конкурентных преимуществ. Инновации являются основой повышения качества и обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В Российской Федерации проблемам инновационного развития экономики уделяется значительное внимание как на уровне правительства Российской Федерации, так и на региональном уровне. Целью инновационной политики Российской Федерации является увеличение валового внутреннего продукта (ВВП) за счет развития инновационных технологий и методов управления предприятиями.

Вместе с тем, многие проблемы активизации инновационной деятельности недостаточно проработаны, особенно вопросы всесторонней оценки инновационного потенциала предприятия, его эффективное формирование и подходы к его управлению. Особенно актуальна проблема формирования и управления инновационным потенциалом для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Формирование инновационного потенциала ОПК имеет особое значение для экономики страны и обеспечения ее национальной безопасности.

Понятие «инновационный потенциал» стало концептуальным отражением феномена инновационной деятельности, оно развертывалось и уточнялось в ходе методологических, теоретических и эмпирических исследований и получило развитие с начала 80-х гг. XX в.

В последнее время это понятие находит все большее распространение, появляются самостоятельные исследования, посвященные анализу различных аспектов этой дефиниции.

Л. Ф. Шайбакова и Ю. А. Лебедев характеризуют его как «готовность и способность того или иного предприятия (организации) осуществить впервые или воспроизвести (воспринять) нововведение».

Структурно инновационной потенциал представляет единство трех составляющих: ресурсной, внутренней и результативной, которые сосуществуют взаимно, предполагают и обуславливают друг друга и проявляются при использовании как его триединая сущность [2. С. 126].

Ресурсная составляющая инновационного потенциала. Она является своего рода «плацдармом» для формирования потенциала и включает в себя следующие основные компоненты, имеющие различное функциональное назначение: материально-технические, информационные, финансовые, человеческие и другие виды ресурсов.

[1] Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта РГНФ («Разработка стратегических ориентиров инновационного развития экономики Красноярского края на основе научно-производственного потенциала предприятий ОПК в регионе») № 08-02-00261а.

Материально-технические ресурсы, являясь «вещественной основой», определяют технико-технологическую базу потенциала, которая впоследствии будет влиять на масштабы и темпы инновационной деятельности. В свою очередь, сами они формируются в отраслях, изготавливающих средства производства, которые путем применения новых технологий закладывают в них потенциальные возможности, реализуемые или нереализуемые впоследствии.

Следующая компонента ресурсной составляющей – *информационный ресурс* (такие ее активные формы, как базы знаний, модели, алгоритмы, программы, проекты и т. д.) – подобно ферменту переводит материальные факторы из латентного состояния в активное. Данный вид ресурсов, в отличие от прочих, практически неисчерпаем. С развитием общества и активизацией использования знаний, запасы информационного ресурса не уменьшаются, а напротив, увеличиваются. При этом этот вид ресурсов не самостоятелен и сам по себе имеет лишь потенциальное значение. Только объединившись с другими ресурсами – опытом, трудом, квалификацией, техникой, технологией, энергией, сырьем, он появляется в «кинетике» как движущая сила инновационного потенциала.

Финансовые ресурсы входят в состав ресурсной составляющей инновационного потенциала как органическое единство наличных ресурсов и неиспользованных возможностей их альтернативного вложения. Таким образом, они характеризуются той совокупностью источников и запасов финансовых возможностей, которые есть в наличии и могут быть использованы для реализации конкретных целей и заданий. При этом объем финансовых ресурсов отображает финансовую мощь, способность системы принимать участие в создании материальных благ и предоставлении услуг. Однако помимо обеспечивающей функции финансовые ресурсы выполняют и страховую функцию, непосредственным образом дублируя, а также измеряя в денежных единицах материально-технические, информационные, человеческие и другие ресурсы, входящие в состав инновационного потенциала. Таким образом, значение этого ресурса неоднозначно. С одной стороны, в силу своей ограниченности он вынуждает искать более экономичный вариант, исходить из того, что есть, интенсифицировать использование имеющихся факторов, т. е. приводит в движение всю систему. С другой стороны, его лимитированный характер может затормозить или погасить формирование и реализацию самого инновационного потенциала. Тем не менее, этот вид ресурсов, несомненно, непосредственным образом (качественно и количественно) влияет на инновационный потенциал.

Следующей компонентой ресурсной составляющей инновационного потенциала является *человеческий ресурс* (капитал, фактор), который не просто выполняет обеспечивающую функцию (как все предыдущие), а выступает главной креативной силой, так как все рождается именно в головах людей. Следует отметить, что указанная компонента – это не собственно живые люди и не знания сами по себе (хотя в настоящее время последние из основного условия развития производства превратились в его главный и непременный фактор, перейдя в качественно новое состояние), это совокупность проинвестированных общественно целесообразных производственных и общечеловеческих навыков, знаний, способностей, которыми владеет человек, которые ему принадлежат, не отделимы от него и практически используются в повседневной жизни. Немаловажным является то, что указанная компонента оказывает непосредственное влияние не только на ресурсную составляющую инновационного потенциала, но и на внутреннюю и, особенно, результативную.

Результативная составляющая. Другой составляющей инновационного потенциала, не менее важной, чем ресурсная, является результативная составляющая, которая выступает отражением конечного результата реализации имеющихся возможностей в виде нового продукта, полученного в ходе осуществления инновационного процесса. Таким образом, она является своего рода целевой характеристикой инновационного потенциала. Важность этой составляющей и целесообразность обособленного выделения подтверждается тем, что ее увеличение, в свою очередь, способствует развитию остальных составляющих (например, ресурсной). Другими словами, результативная составляющая, сама являясь результатом количественного и качественного изменения, несет в себе потенциальные возможности вывода на новый уровень функционирования как инновационного потенциала, так и системы в целом.

Внутренняя составляющая. Это третья составляющая инновационного потенциала – так называемый «рычаг», обеспечивающий дееспособность и эффективность функционирования всех предыдущих элементов. В целом, указанная составляющая характеризует возможность целенаправленного осуществления инновационной деятельности, т. е. определяет способность системы на принципах коммерческой результативности привлекать ресурсы для инициирования, создания и распространения различного рода новшеств. Таким образом, внутреннюю составляющую можно охарактеризовать через процессы создания и внедрения нового продукта, обеспечения взаимосвязи новатора как с наукой, предоставляющей прогрессивные идеи, так и с рынком, потребляющим готовый продукт, а также методы и способы управления инновационным процессом. Указанная составляющая является довольно сложной и важной, и поэтому для детального ее анализа отдельные авторы предлагают использовать структурно-институциональный и функциональный подходы. При этом первый подход вычленяет структуру инновационной деятельности с точки зрения системы институциональных субъектов, ее осуществляющих, а также экономические связи с внешними для нее сферами – наукой и производством, а второй – выявляет временные закономерности инновационного процесса: производство инновационного продукта, его обмен, распределение, потребление и возобновление цикла инновационного процесса, за которое и отвечает внутренняя составляющая инновационного потенциала.

Раскрытая сущность всех составляющих инновационного потенциала не будет достоверной при отсутствии акцента на существовании тесной взаимосвязи и взаимозависимости между ними. Так, инновационный потен-

циал можно представить как единую целостность, образуемую тремя факторами, направленными в одну точку пространства, взаимообусловленными и взаимообусловливающими друг друга. Действуя в одном направлении, указанные составляющие дают толчок к новым изменениям качественного и количественного характера – инновациям, которые, в свою очередь, оказывают непосредственное влияние на них самих. Реальным примером указанного факта может служить такое явление, как диффузия инноваций. Так, применение нового оборудования способствует изготовлению новой продукции, которая, в свою очередь, выходя на рынок, является источником, фактором дальнейших изменений. Причем «эффект от тиражирования инноваций растет намного быстрее масштабов самого тиража.

Тесная взаимосвязь ресурсной, внутренней и результативной составляющих инновационного потенциала определяют необходимость выявления на практике их оптимального соотношения (исходя из роли и значимости, которую они играют в формировании и развитии потенциала). Так, например, незначительный удельный вес ресурсной составляющей, как правило, обусловлен превалированием качественных изменений над количественными. При этом ограниченность необходимых ресурсов временем и пространством может быть полностью или частично преодолена интенсификацией их использования, применением новых методов организации процесса, поиском новых источников их привлечения. При этом, очевидно, существует определенный предел отклонения величины составляющих инновационного потенциала от оптимального уровня, т. е. дальнейшее изменение какого-либо элемента влечет за собой либо снижение отдачи от него самого, либо уменьшение эффективности функционирования остальных элементов, так как все они существуют в системном единстве.

Различают явный (наличный, статический) и скрытый (возможный, динамический) инновационный потенциал. Явный потенциал характеризует непосредственно те ресурсы и способы их использования, которыми обладает система в определенный промежуток времени и в определенной ситуации. Скрытый – скрытую перспективу, заложенную в ресурсах, т. е. существующие возможности.

Не менее важным является разделение инновационного потенциала на такие виды, как используемый, неиспользуемый и желаемый. Первый вид инновационного потенциала фактически используется системой для реализации поставленных целей. Второй – существует в скрытом виде либо явно, но по определенным (объективным или субъективным) причинам не включен в список конкурентных преимуществ, т. е. так называемый резерв. Третий вид – потенциал, уровень и состав которого по выделяемым параметрам функционирования максимально приближен к оптимальному, т. е. своего рода идеальный случай.

Логическим дополнением к указанным видам инновационного потенциала являются *дееспособный* и *недееспособный* виды. К первому виду следует отнести потенциал, который в любой момент времени в определенных условиях можно задействовать для выполнения поставленных задач и достижения конкретных целей. Таким образом, потенциал, который в силу объективных и субъективных причин не может быть включен в процессы обеспечения жизнедеятельности системы, можно отнести ко второму виду – недееспособному.

Следует отметить, что использование трех классификационных признаков, рассмотренных выше, позволяет на практике отделить реальные возможности субъекта хозяйствования от перспективных.

В свою очередь, инновационный потенциал также можно разделить на человекоориентированный и техникоориентированный. Первый вид – это потенциал объекта (системы), в структуре которого определяющую роль играет человеческий капитал, которому отдается преимущество при решении различного рода задач. Как правило, этот вид характерен для молодых предприятий, выходящих на рынок. Определив свою главную цель – закрепиться на рынке, они в максимальной степени активизируют и реализуют возможности личности (руководителя-лидера, кадрового персонала), используя при этом творческий подход к решению проблем и «демократические» методы управления. В свою очередь, техникоориентированный инновационный потенциал – это потенциал объекта (системы), в структуре которого преобладает материально-техническая составляющая, что подразумевает наличие и использование в качестве главного конкурентного преимущества различного рода овеществленных ресурсов (включая информацию, преобразованную и материализованную). Как правило, такой вид инновационного потенциала присущ «старожилам» рынка инноваций, которые, обладая достаточным опытом и финансовыми возможностями, сопротивляются конкуренции, прежде всего, путем активизации имеющихся материальных ресурсов.

Релевантный инновационный потенциал – это потенциал, возможности которого соответствуют условиям достижения желаемых целей, содержанию выполняемых функций, условиям эффективного функционирования.

Нерелевантный потенциал – это потенциал, качественные и количественные характеристики которого не соответствуют условиям достижения поставленных целей, содержанию выполняемых функций, условиям эффективного функционирования. Последнее является случаем несоответствия «амбиции и амуниции».

Некоторые авторы выделяют также *абсолютный* потенциал (при котором наличные ресурсы в полной мере позволяют реализовывать инновационную функцию), *относительный* (характеризующий эффективно возможное использование ресурсов, зависящее от их утилизации и потребления), *максимально реальный* (при котором максимальный инновационный продукт за счет дополнительных затрат практически не увеличивается, причем предельные издержки на его увеличение резко возрастают), *эффективный* (при котором предельный доход от инновационной деятельности равен маржинальным издержкам при соответствующем спросе и предложении), *оптимальный* (при котором инновационная деятельность достигается минимальными издержками) и т. д.

Инновационный потенциал как фактор социального развития предприятия является одним из главных источников и, вместе с тем, результатов инновационного процесса.

Важнейшая составляющая инновационного потенциала – современные наукоемкие технологии (информационная, лазерная, мембранная, биотехнология и др.), на базе которых создается новая продукция. Технологические ресурсы в настоящее время являются одним из основных факторов экономического развития и роста в индустриально развитых странах. Новые технологии обеспечивают не менее половины ежегодного прироста продукции и оказывают позитивное воздействие на решение проблем, касающихся снижения себестоимости продукции, повышения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, создания новых рабочих мест и др.

Вместе с тем, существующие механизмы формирования и методики оценки инновационного потенциала не в полной мере учитывают роль организационного знания, что снижает эффективность инновационной деятельности промышленного предприятия.

В связи с этим возникает актуальная научная задача разработки механизмов и инструментов формирования и реализации инновационного потенциала, позволяющих учитывать стратегическую роль инноваций в повышении конкурентоспособности и обеспечении развития промышленного предприятия на основе управления организационным знанием, которая имеет существенное значение для повышения экономической эффективности деятельности предприятий.

Библиографический список

1. О государственной поддержке научной, научно-технической и инновационной деятельности на территории Красноярского края : Закон Красноярского края от 10 июля 2008 г. № 6-2000. [Электронный ресурс] Электрон. дан. Официальный сайт Законодательного собрания Красноярского края. Режим доступа : http://www.sobranie.info/lowsinfo/php. Загл. с экрана.

2. Кокурин, Д. И. Инновационная деятельность / Д. И. Кокурин. М. : Экзамен, 2001.

I. V. Ryabishchuk, A. A. Lukyanova

CONCEPT OF INNOVATIVE POTENTIALAS A PRODUCTION EFFICIENCY FACTOR

In this article the urgency of Russian economy transition to the innovative model of development is considered. The concept of innovative potential as a system component of the Russian economy growth is described.

Keywords: innovative potential, economical development, enterprises of the defense industrial complex.

УДК 338.246:6-027.31

Г. И. Золотарева, О. А. Грязнова, С. В. Захарова

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ РЫНКА

Рассматриваются проблемы инновационного развития предприятий ракетно-космической отрасли, формулируются возможные пути их решения.

Ключевые слова: инновационное развитие, предприятия ракетно-космической отрасли.

В современных условиях развития мировой экономики для предприятий России все более актуальным становится повышение конкурентоспособности производимой продукции. Однако использование каких-либо традиционных способов при решении данной задачи не всегда дает ожидаемый эффект. Универсальных методов, подходящих для любого предприятия, не существует. В то же время практика показывает, что наибольших успехов достигают те предприятия, которые в своей деятельности широко используют новые технологии, современные подходы в управлении, результаты научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений, стремятся к освоению новых направлений в бизнесе, созданию новых видов продукции, т. е. осуществляют инновационную деятельность.

На многочисленных совещаниях, форумах, направленных на решение этих проблем, неоднократно подчеркивалось, что инновационное развитие экономики является приоритетным направлением политики нашего государства.

В Государственной программе «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий» отмечено, что «…экономический рост и модернизация отраслей экономики Российской Федерации в короткие сроки возможны только в случае увеличения темпов развития высокотехнологичных отраслей, для обеспечения которых необходимо проведение государственной политики, направленной на повышение инвестиционной привлекательности указанных отраслей экономики, поддержку российских производителей высокотехнологичной продукции и услуг, содействие продвижению этой продукции как на внутреннем, так и на мировом рынках, развитие интеллектуального потенциала в сфере высоких технологий» [1].

Д. Медведев заметил: «Основная проблема заключается в том, что, несмотря на правильные программные установки, никаких существенных изменений в технологическом уровне нашей экономики не происходит. И это особенно очевидно в период глобального финансово-экономического кризиса. Пока не показали серьезных результатов ни малые фирмы, которые мы пытались и пытаемся создавать, ни технопарки, ни различного рода центры трансфера технологий, всякого рода новые формы, которые мы пытаемся использовать, ни Российская венчурная компания, ни технико-внедренческие особые экономические зоны. Все это в основном, надо признаться откровенно, существует только на бумаге. Ситуация с инновационной активностью на промышленных предприятиях – собственно, там, где вся эта работа и должна происходить, – не только не меняется, а в значительной степени (под влиянием кризиса, конечно) просто ухудшается. Довольно серьезное негативное влияние имеют и неэффективная организация труда и, конечно, старое оборудование, плохая логистика бизнес-процессов» [2].

Согласно данным, представленным в аналитических материалах об инновационной деятельности в Российской Федерации в 2006–2007 гг., подготовленным по результатам федерального статистического наблюдения в 2007 г., инновационной деятельностью в Российской Федерации занимались 10,8 % обследованных организаций добывающих, обрабатывающих производств, по производству и распределению электроэнергии, газа и воды. Уровень инновационной активности организаций, осуществлявших технологические инновации, составил 9,4 %, маркетинговые инновации – 2,5 %, организационные – 3,5 % [3].

В структуре организаций, осуществлявших инновационную деятельность в 2007 г., наибольшую долю занимают предприятия обрабатывающего сектора экономики – 79 %.

Среди этих производств наибольший удельный вес инновационных предприятий зафиксирован в производстве электрооборудования, электронного и оптического оборудования – 38 %. В производстве машин и оборудования доля организаций, осуществлявших технологические инновации в 2007 г., составила 13 %, в производстве транспортных средств и оборудования – 10 % [3].

Среди предприятий, осуществляющих инновационную деятельность, важную роль в экономике страны играет оборонно-промышленный комплекс (ОПК), одной из составляющих которого является ракетно-космическая промышленность. На ее долю приходится большая часть всех научных разработок. Именно при производстве ракетно-космической техники наиболее активно идет процесс освоения новых высокотехнологичных изделий. Являясь основой промышленного обеспечения национальной безопасности России, ОПК определяет и обеспечивает научно-технический прогресс в смежных отраслях промышленности.

Производство продукции предприятий ракетно-космической отрасли имеет определенные особенности:

– во-первых, основным заказчиком продукции предприятия являются государственные структуры (доля коммерческих заказов на сегодняшний день по сравнению с госзаказом невелика);

– во-вторых, особое значение имеют сроки выполнения заказа, так как время ввода в эксплуатацию изделия во многом зависит от объективных обстоятельств: подготовки ракеты-носителя, положения Земли и т. д.;

– в-третьих, эксплуатация изделия производится в экстремальных условиях, не позволяющих вносить какие-то конструкторские изменения во время его работы, производить ремонт, выполнять замену оборудования, что предполагает постоянный контроль качества как отдельных его элементов, так и изделия в целом, поэтому серьезное внимание уделяется не только технологии производства, но и требуемым характеристикам всех используемых при производстве деталей, комплектующих, приборов: каждая деталь изделия должна соответствовать определенным параметрам;

– в-четвертых, производство космической техники из-за своей уни-кальности носит инновационный характер, причем научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы предваряют выполнение любого заказа и продолжаются в течение всей работы над изделием, при этом большое внимание уделяется уровню квалификации персонала, внедрению новых технологий и методов производства;

– в-пятых, технологический процесс выполнения заказа зависит от решения конкретных конструкторских задач и получения нужных характеристик.

Эти особенности в значительной степени влияют на последовательность потребления разного рода ресурсов, что, в свою очередь, отражается на порядке формирования затрат при производстве космической техники, а также на уровне неопределенности при их расчете. Например, отток денежных средств происходит задолго до потребления основной массы материальных и трудовых ресурсов: все основные детали, комплектующие, полезная нагрузка должны быть закуплены (оплачены), доставлены и проверены до их использования в производстве, а пик потребления материальных ресурсов не совпадает с пиком потребления трудовых ресурсов. Причем научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы начинаются задолго до непосредственного выполнения заказа и разделяются на фундаментальные и целевые исследования, которые направлены на разработку научных идей по будущим космическим аппаратам, и на внутренние работы, связанные с конкретным изделием, и которые продолжаются в течение всего производственного процесса [4. С. 105].

Ракетно-космическая промышленность особенно чувствительна к наличию государственной поддержки. Освоение новых видов продукции требует серьезных финансовых вложений. Необходимо вкладывать средства и в приобретение новой техники, используемой при производстве конкурентоспособных видов продукции, и в разработку и внедрение новых технологий ее изготовления. Капитальные вложения на реконструкцию и техническое перевооружение, приобретение спецоборудования, повышение общего технического уровня предприятий предусматривают наличие крупного финансирования.

Для предприятий-исполнителей гособоронзаказа предусмотрена такая поддержка со стороны федеральных

органов исполнительной власти. Запланированы мероприятия по следующим направлениям:

– увеличению объемов авансирования платежей;

– обеспечению финансирования в рамках гособоронзаказа и федеральной целевой программы (ФЦП);

– субсидированию процентной ставки и предоставлению гарантий по кредитам;

– субсидированию организаций ОПК с целью предупреждения банкротства и проведению дополнительной эмиссии акций и облигаций стратегически важных предприятий.

Эти меры осуществляются в соответствии со стратегией развития ракетно-космической промышленности на период до 2015 г. по следующим целевым программам:

– Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг. (ФКПР-2015);

– Федеральная космическая программа России «Глобальная навигационная система» на 2002–2011 гг. (ФЦП «ГЛОНАСС»);

– Федеральная космическая программа России «Развитие оборонно-промышленного комплекса РФ на 2007–2010 гг. и на период до 2015 г.» (ФЦП «Развитие ОПК-2015»);

– Федеральная космическая программа России «Национальная технологическая база на 2007–2011 гг.».

Также в проектах предусмотрены:

– Федеральная космическая программа России «Развитие инфраструктуры наноиндустрии РФ на 2007–2010 гг.»;

– Федеральная космическая программа России «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.».

Ряд программ предусматривает целевое финансирование капитальных вложений на техническое перевооружение предприятий, приобретение спецоборудования, повышение общего технического уровня предприятий, производящих ракетно-космическую технику, автоматизацию технологических процессов, обеспечивающих снижение трудоемкости, повышение качества и надежности изделий, а также на создание технологических условий для широкого внедрения информационных технологических процессов (в структуре затрат на технологические инновации 57,5 % приходится на приобретение машин и оборудования [3]).

Но все же средства федерального бюджета в общей сумме затрат на технологические инновации недостаточны. А средства бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов и вовсе незначительны. Иностранные инвестиции составляют 0,3 % от всех затрат и использованы в производстве пищевых продуктов и производстве автомобилей [3].

Основным источником финансирования инновационной деятельности по-прежнему остается самофинансирование. В 2007 г. за счет собственных средств организаций было профинансировано 79,6 % всех затрат на технологические инновации. По результатам проведенного обследования, в 2008 г. инвестиции в основной капитал осуществляли 93 % организаций (в 2007 г. – 92 %, в 2000 г. – 84 %), в том числе 94 % крупных и средних (в 2007 г. – 95 %) и 47 % субъектов малого предпринимательства (в 2007 г. – 44 %) [3].

Как отмечает руководитель Федерального космического агентства А. Перминов, хотя меры по стабилизации обстановки в промышленном секторе, принятые в настоящее время президентом и правительством, в целом дают ракетно-космической отрасли возможность работать спокойно и стабильно в рамках тех программ, которые были закреплены ранее, тем не менее очевидно, что отдельные предприятия не в состоянии сегодня самостоятельно решать эти задачи. Все это по силам только крупным интегрированным структурам, и в последние годы стали формироваться такие структуры. ОАО «ИСС», в состав которого в настоящее время входит 9 предприятий, является одним из таких объединений. В данную организацию вошли предприятия из Москвы, Ростова-на-Дону, Омска, Томска и Железногорска, пакеты их акций образовали уставный капитал головной компании – ОАО «ИСС». В соответствии с планом Росимущества 100 % акций вновь образованного общества будет находиться в федеральной собственности.

Основная цель такого объединения – необходимость крупных денежных вложений в развитие космической тематики на всех предприятиях, которые вольются в интегрированную структуру.

ОАО «ИСС» является одним из ведущих предприятий-изготовителей космических аппаратов. Две трети орбитальной группировки космических аппаратов России были изготовлены в ОАО «ИСС» (см. рисунок). В настоящее время на их создание выделено 2,37 млрд руб. из федерального бюджета в рамках ФЦП «Глобальная навигационная спутниковая система».

Сравнительная характеристика производства космических летательных аппаратов [5]

В соответствии с этой программой формируется государственный заказ на создание и использование космической техники в научных и социально-экономических целях. ОАО «ИСС» является головным исполнителем ряда важнейших проектов, таких как производство спутников серии «Экспресс-АМ», «Луч-5А/5Б», «Гонец-М». Предприятие также работает над проектами других космических аппаратов (КА) на базе платформ «Экспресс-2000» и «Экспресс-4000». В настоящее время на базе данного предприятия изготавливаются спутники второго поколения «Глонасс-М» для восполнения орбитальной группировки, а также ведется активная разработка спутника следующего поколения «Глонасс-К». Этот перспективный аппарат с улучшенными характеристиками будет создаваться для модернизации системы. Также планируется, что в составе орбитальной группировки будут функционировать 12 космических аппаратов «Гонец-М» (по 3 КА в четырех плоскостях).

Такое количество спутников на орбите будет обеспечено к концу 2015 г.

Необходимость увеличения финансирования заставляет предприятия искать новые возможности. В последнее время за счет коммерциализации конверсионного производства возрастает объем производства гражданской продукции. Еще в 1989 г. в рамках общероссийской конверсионной программы НПО ПМ им. академика М. Ф. Решетнева приступило к созданию первой приемной антенны спутникового телевидения для организации телевещания в Казахстане. В 1997 г. антенное производство было выделено из состава НПО ПМ. Сегодня ОАО «НПО ПМ – Развитие» – единственное в России предприятие, выполняющее весь комплекс работ по созданию наземных антенных систем: проектирование, разработку документации, изготовление, испытания, техническое сопровождение.

Сегодня компания выпускает 27 сертифицированных типов радиорелейных антенн диаметром от 0,3 до 2,4 м, ежегодно осваиваются их новые модификации [3].

Более половины объема продукции составляют антенны для наземных станций спутниковой связи и телевещания диаметром от 1,5 до 9,3 м. Антенны изготавливаются по индивидуальным техническим заданиям операторов связи, таких как ОАО «Газком», ЗАО «Востоктелеком», ЕТК, ГК «Ямал-Информ», Сибирский и Дальневосточный филиалы ФГУП «РТРС» и многих других.

Все проекты по созданию космических аппаратов и антенн уникальны. Большинство из них создаются по единичному госзаказу, и только некоторые из них, такие как, например, «Глонасс-М», переводятся на серийное производство. Но и в этом случае каждый спутник этой серии является уникальным, так как малейшие отклонения в схеме сборки, использование других приборов приводят к необходимости применения новых решений в построении аппарата. Реализация таких единичных проектов представляет собой сложный, трудоемкий и длительный процесс. Выполнение одного заказа может длиться от пяти до пятнадцати лет. Производство же «коммерческой» продукции имеет более короткий цикл изготовления, выпускается, как правило, мелкими партиями, что позволяет существенно сократить затраты на производство, а за счет использования продукции или технологий «двойного» назначения дополнительно профинансировать и основной вид деятельности.

В целом, конечно, в период кризиса такие предприятия оказались, с одной стороны, более устойчивыми, так как они уже имеют значительный инновационный опыт, с другой стороны, более уязвимыми, так как длительный цикл производства продукции, существующая необходимость жесткого контроля установленных параметров качества продукции и неясность возможных путей достижения этого создает неопределенность в необходимости общей суммы капитальных вложений. Поэтому для укрепления своей устойчивости в условиях рынка предприятиям требуется не только внедрение перспективных и инновационных технологий, но и создание эффективной системы планирования, управления и контроля, учитывающей специфику производимой продукции и особенности производства ракетно-космической промышленности.

Среди особенностей производства следует отметить следующие моменты, которые обязательно должны быть учтены при создании такой структуры:

– уникальность и сложность создаваемых проектов;

– длительность производственного цикла;

– необходимость жесткого контроля качественных параметров производимой продукции (что заставляет контролировать качественные показатели каждой используемой детали);

– неопределенность в достижении поставленных целей;

– ограниченность во времени;

– конфиденциальность проектов;

– большие капитальные затраты;

– функционирование в рамках заказа (при этом осуществляется поэтапное финансирование, планирование и учет затрат в рамках этого заказа);

– отсутствие затоваривания готовой продукцией и в то же время наличие крупных запасов деталей и материалов, используемых для производства продукции;

– функционирование в рамках крупных интегрированных структур (корпораций);

– возможность использования отдельных разработок для производства «гражданской» продукции;

– наличие конверсионных производств.

Использование каких-либо общих способов при решении данной задачи не всегда дает ожидаемый эффект, а универсальных методов, подходящих для любого предприятия, не существует. В то же время изучение деятельности ведущих международных компаний позволяет выделить ряд общих направлений, которых следует придерживаться при решении данных проблем:

– понять особенности формирования затрат и структуру производства в целом;

– изучить факторы, влияющие на уровень этих затрат, и процессы, происходящие на предприятии в связи с внедрением новых технологий;

– изучить возможность формирования системы контролирующих показателей, максимально точно характеризующих зависимость уровня затрат от влияния выявленных факторов (качественный и количественный состав этих показателей может меняться в зависимости от уровня управления, что позволит проводить мониторинг деятельности предприятия с любой степенью точности и не перегружать отчетность для менеджеров ненужной им информацией);

– изучить возможность организации процесса планирования сформированной системы показателей;

– изучить возможность создания системы сбора и контроля фактических данных этих показателей в режиме реального времени.

Создание эффективной системы планирования, управления и контроля в каждом конкретном случае индивидуально и может различаться в зависимости от целей, структуры предприятия, технологии производства, способа его управления. Однако в основе функционирования такой системы лежат общие принципы, которые определяют характер и содержание ее деятельности в организации. Внедрение элементов планирования, управления и контроля как части комплексного

управления хозяйственной деятельностью в рамках продуманной системы действий по обеспечению выживаемости предприятия и избежанию кризисных ситуаций позволит предприятиям ракетно-космической отрасли не только повысить свою конкурентоспособность, но и добиться лидирующих позиций в этом направлении.

Библиографический список

1. Государственная программа «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий» [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства Российской Федерации от 10.03.2006 г. / Официальный сайт Правительства РФ. Режим доступа: http://www.government.ru. Загл. с экрана.

2. Вступительное слово на совещании по вопросам модернизации и технологического развития экономики 15 мая 2009 г. [Электронный ресурс] / Официальный сайт Президента РФ. Режим доступа : http://www.kremlin.ru/appears/2009/05/15/1701_type63378type82634_216352.shtml. Загл. с экрана.

3. Инновационная деятельность в России в 2007 году // Статистический бюллетень. 2008. № 10.

4. Ерыгина, Л. В. Контроллинг производственных затрат на предприятиях инновационного типа : монография / Л. В. Ерыгина, Г. И. Золотарева ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. С. 156.

5. Официальный сайт ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева [Электронный ресурс] : Режим доступа: http://www.iss-reshetnev.ru/. Загл. с экрана.

G. I. Zolotareva, O. A. Gryaznova, S. V. Zaharova

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF ROCKET SPACE ENTERPRISES BRANCH IN MARKET CONDITIONS

The problem of innovative development of rocket space branch enterprises is considered in the paper. The authors formulate possible ways of their solutions.

Keywords: innovative development, rocket space branch enterprises.

УДК 658.011

Л. В. Ерыгина

КОНЦЕПЦИЯ СБАЛАНСИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МЕТОДОЛОГИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛИНГА

Обоснован состав и содержание методологических принципов формирования сбалансированной системы контроллинговых показателей, базирующейся на общепринятых принципах сбалансированности, казуальности, учета человеческого капитала, каскадирования, а также предложенных специфических принципах.

Ключевые слова: контроллинг, сбалансированная система показателей, ракетно-космическая промышленность, инновационный потенциал.

Предприятия ракетно-космической промышленности (РКП), как и предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в целом, десятилетиями существовали в «комфортных» условиях, осуществляя свою деятельность в рамках государственного оборонного заказа. Происходящие в настоящее время экономические реформы и вызванные ими процессы структурной перестройки экономики страны привели не только к сокращению государственного оборонного заказа, но и к необходимости коммерциализации имеющегося инновационного потенциала предприятий ОПК как в рамках конверсии, так и в результате диффузии инноваций в реальный сектор экономики. Возникающие по этой причине глобальные инициативы на предприятиях отрасли не вписываются в рамки осуществляемых на этих предприятиях концепций менеджмента. Существующее в настоящее время функциональное разделение бизнес-процессов по направлениям (производство, снабжение, сбыт, технологические процессы и др.) в рамках выполнения государственного оборонного заказа становится неэффективным в условиях производства ориентированных на рынок продуктов. Функциональное разделение приводит к нарушению взаимодействия подразделений и медлительности при принятии решений. Сочетание высокого профессионализма, имеющего место при функциональном разделении бизнес-процессов, с оперативностью и качеством их осуществления возможно только при условии построения интегрированного бизнес-процесса. Интегрированный бизнес-процесс позволяет всем функциональным элементам системы управления обеспечить сокращение сроков выполнения заказа, повышение качества и снижение стоимости готовой продукции. Вместе с тем, реше-

ние этой задачи неразрывно связано с необходимостью внедрения информационных технологий в систему управления на предприятии. Данные технологии должны обеспечить учет интересов и предпочтений потребителей, их согласование с внутренними процессами на предприятии, которые, в свою очередь, предъявляют дополнительные требования к персоналу (количеству, квалификации и пр.). При этом основной целью деятельности любой коммерческой организации остается получение прибыли.

Для инновационно-ориентированных предприятий, к числу которых относятся и предприятия РКП, информационные технологии имеют еще большее значение. Происходящее в настоящее время сокращение сроков жизненных циклов инновационных продуктов заставляет предприятия РКП не только оперативно внедрять инновации, но и предвосхищать предпочтения и потребности клиентов, а зачастую, и прививать их. Решение этой задачи требует вовлечение в процесс создания стоимости всех сотрудников организации, чьи знания и информация могут внести вклад в финансовые результаты ее деятельности. Этому должна способствовать информационная прозрачность, раскрывающая перед персоналом глобальные цели организации и способствующая их доведению до каждого участника бизнес-процессов.

Традиционная система бухгалтерского учета является важнейшим источником формирования финансовой отчетности предприятия. Однако она не решает проблем эффективной оценки результатов его деятельности и, тем более, успешной реализации стратегии. Альтернативой бухгалтерскому учету является система управленческого учета, которая охватывает все важнейшие сферы деятельности предприятия, обеспечивая реализацию функций планирования и контроля его финансово-хозяйственной деятельности. Таким образом, контроллинг выступает важнейшим элементом системы управления предприятием в условиях возрастающей конкуренции, неопределенности факторов внешней и внутренней среды, а также постоянного обновления продукции. Однако даже достаточно полная система контроллинговых показателей может оказаться недостаточно эффективной.

На протяжении индустриального века, с 1850 по 1975 гг., основные конкурентные преимущества для организаций составляли технологии, заключенные в материальных активах, и эффект от масштабов производства. В качестве основных критериев для определения эффективности деятельности компании выступали финансовые показатели, такие как рентабельность привлеченного капитала (ROCE – Return on Capital Employed), рентабельность активов (ROA – Return on Assets) и рентабельность продукции (CRR – Cost to Revenue rate) [1]. С помощью данных коэффициентов менеджеры определяли наиболее эффективные направления деятельности и осуществляли перераспределение внутренних ресурсов с целью увеличения финансовых результатов и повышения ценности бизнеса. П. Р. Нивен написал в своей книге: «В этом нет ничего удивительного, так как финансовые параметры идеально подходили для машинного характера корпоративных организаций и управленческой философии того времени. В конкуренции господствовал эффект масштаба, а финансовые показатели представляли собой критерии успеха» [2].

С течением времени финансовые показатели деятельности изменились, на первый план вышла концепция добавленной экономической стоимости (ДЭС). По этой концепции фирма создает стоимость для своих акционеров только тогда, когда ее прибыль превышает стоимость капитала [2]. Но если стоимость капитала, вкладываемого в новые инвестиции, достаточно высока, то, используя ДЭС в качестве критерия, можно показать, что несмотря на увеличение прибыли фирма может уменьшать стоимость акций. Таким образом, разработанные финансовые показатели успешно использовались предприятиями длительный период времени. Однако изменяющиеся экономические условия поставили под сомнение полноту получаемой информации при использовании только финансовых показателей. Исследователи, критикуя систему финансовых показателей (СФП), отмечали следующее:

1. Система финансовых показателей не учитывает текущих условий деловой среды. Современные мероприятия по созданию стоимости в организации заключаются в идеях людей, работающих в разных отделах фирмы, в отношениях с клиентами и поставщиками, в базах данных, содержащих основную информацию, а также в культуре новаторства и высокого качества. Традиционные финансовые показатели разрабатывались для сравнения с результатами предыдущих периодов. Эти параметры не могут стать индикаторами возникающих проблем или возможностей в области отношений с клиентами, качества или работы трудового коллектива.

2. Система финансовых показателей обеспечивает анализ прошлых результатов деятельности и событий в экономической организации, однако этот финансовый обзор не может предсказать будущее. Финансовые результаты в одном месяце, квартале или даже году не дают никакого представления о будущих финансовых результатах.

3. При использовании СФП финансовая отчетность обычно составляется по функциональным областям. Этот подход не учитывает специфику современной организации, в которой работа по своему характеру многофункциональная. Сегодня в состав рабочих групп, решающих актуальные проблемы и создающих стоимость неизвестными ранее способами, входят представители многих функциональных областей. Традиционные системы финансовой оценки не способны вычислить истинную ценность или затраты этих отношений.

4. Мероприятия по повышению эффективности деятельности предприятий предусматривают жесткие меры по сокращению затрат, что может очень благотворно повлиять на краткосрочную финансовую отчетность организации. Однако эти усилия часто затрагивают долгосрочные, создающие стоимость виды деятельности предприятия, такие как исследования и разработки, создание дочерних предприятий и управление отношениями с клиентами. Эта ориентация на краткосрочную прибыль за счет создания долгосрочной стоимости может привести к нерациональному использованию ресурсов.

5. Системы финансовых показателей не подходят для многих уровней управления предприятием. При сведе-

нии финансовой отчетности по предприятию в целом, происходит отсечение некоторых характеристик, полученных на предыдущих уровнях управления. Информация на все более высоком уровне становится почти неузнаваемой и бесполезной для большинства руководителей и работников в ходе принятия решений. Для того чтобы действовать, работникам всех уровней организации нужны данные о результатах деятельности. Эта информация должна поступать с учетом требований их повседневной работы.

Но несмотря на указанные недостатки системы финансовых показателей, многие исследователи отмечают, что финансовая отчетность остается важным инструментом для предприятий, так как именно она, в конечном итоге, определяет, приводят ли мероприятия по повышению удовлетворенности клиентов и качества, обеспечению своевременной доставки и осуществлению инноваций к улучшению финансовых результатов и созданию богатства для акционеров. Как утверждает П. Р. Нивен, следует найти метод, позволяющий уравновесить, сбалансировать точность и целостность финансовых показателей факторами, от которых зависят будущие финансовые результаты деятельности предприятия [2].

Сегодня конкурентные преимущества предприятий РКП реализуются не столько за счет эффективного финансового менеджмента и инвестиций в физические активы, сколько способностью предприятий мобилизовать и использовать свои нематериальные активы. Для предприятий РКП, обладающих значительной величиной интеллектуального капитала и нематериальных активов в целом, стратегия инновационного развития становится как никогда важной. Именно поэтому построение организации, ориентированной на покупателя, и построение бизнеса, ориентированного на инновационную стратегию, являются одними из основных задач, которые ставят перед собой предприятия РКП. Инструментом, позволяющим экономической организации достичь этих целей, является BSC (Balanced Scorecard) – система, объединяющая как традиционные финансовые показатели (система оценки, направленная в прошлое – «feedback system»), так и нефинансовые, направленные в будущее (так называемая «feedforward system»).

Следует отметить, что сама идея BSC не нова, она возникла на почве разнообразных систем показателей, таких как традиционная финансовая модель, основанная на модели показателей «рентабельность капитала» (ROI), предложенная Дюпоном в начале XX столетия, Baldridge criteria Award и др., но в отличие от них, BSC дает возможность проследить выполнение корпоративных целей на оперативном уровне, делая, таким образом, элементы стратегии по основным направлениям деятельности компании измеримыми, отслеживаемыми по результатам деятельности, а не просто декларируемыми миссией и видением компании. Кроме того, как отмечают современные исследователи, следует подчеркнуть важность акцента системы на нефинансовых показателях, поскольку в период бурного информационного и технологического развития фокусировка исключительно на финансовых показателях не обеспечивает роста будущей экономической ценности организации [1].

В то время как большинство систем оценки эффективности базируются на годовом бюджете и оперативном плане компании и ориентированы на краткосрочные периоды и тактику предприятия, а не на стратегию, BSC переводит миссию и общую стратегию компании в систему четко поставленных целей и задач, а также показателей, определяющих степень достижения этих задач в рамках четырех основных проекций – финансов, маркетинга, внутренних бизнес-процессов, обучения и роста.

Отличительной особенностью является то, что в центре сбалансированной системы показателей находятся не финансовые данные, как во многих организациях, а видение будущего и стратегия. Сбалансированная система показателей (ССП) дает возможность организации превратить свое видение будущего и стратегию в действия, предоставляя новую концептуальную базу, поясняющую стратегию организации посредством выбранных целей и показателей.

Принимая во внимание то, что концепция сбалансированной системы показателей встраивается в концепцию контроллинга инновационной деятельности предприятий РКП, выступая одним из его инструментов, следует определиться с принципами построения ССП. В связи с необходимостью учета особенностей осуществления инновационной деятельности и процессов реструктуризации, отражающих специфику развития предприятий РКП, возникает необходимость как пересмотра содержания отдельных принципов, так и введение дополнительных принципов. В частности, в литературе исследователями упоминаются четыре общих принципа: сбалансированность, казуальность, учет человеческого капитала и каскадирование. На взгляд авторов, при создании ССП для предприятий РКП их необходимо дополнить следующими принципами: учета синергии, принципом интеграции ССП в управленческий анализ, принципом маржинальности, согласованности сбалансированной системы с существующими системами учета, принципом дифференциации показателей по инициативам, принципом сбалансированности инициатив на основе построения портфеля, принципом учета стадийности инновационного процесса, принципом обоснованности норм и допустимых границ.

Принцип сбалансированности. Выступает на первое место и является основополагающим при построении сбалансированной системы показателей. Причем сбалансированность следует понимать шире, чем количественное соответствие (равновесие) взаимосвязанных показателей деятельности (процесса). Это баланс между финансовыми и нефинансовыми индикаторами успеха, между внутренними и внешними компонентами организации, между запаздывающими и опережающими индикаторами [2]. Об этом достаточно подробно пишут многие исследователи.

Принцип казуальности, учета причинно-следственных взаимосвязей. Следующий важный принцип, который используется при построении сбалансированной системы показателей. Он вытекает из принципа сбалансированности и дополняет его. Любая стратегия, которую предприятие претворяет в жизнь, представляет собой гипотезу о том, как достичь успеха. Для того чтобы

быть содержательными и описать ее, показатели должны быть взаимосвязаны. Как уже упоминалось выше, с помощью только финансовых показателей невозможно описать картину будущего, в инновационный век на первый план выступают нефинансовые индикаторы, которые через сложные взаимосвязи оказывают влияние на финансовый результат деятельности предприятия. Учитывая инновационный характер развития предприятий РКП и роль нематериальных активов в создании стоимости, необходимо четко увязывать цели развития и показатели через систему причинно-следственных отношений: от факторов деятельности в составляющей обучения и развития до улучшенных финансовых результатов в финансовой составляющей. Каждый параметр, включенный в ССП, должен быть элементом цепи причинно-следственных связей, посредством которой может быть получена информация о стратегии (например, связь между повышением квалификации менеджеров по продажам и увеличением прибыли может быть установлена такой последовательностью гипотез: если увеличить число занятий по продуктам, то менеджеры отдела продаж станут более осведомленными относительно ассортимента товаров, которые они могут продать; если они станут более осведомленными, то объем продаж возрастет; если объем продаж возрастет, то и прибыль увеличится).

Основная задача, решаемая с помощью принципа причинно-следственных связей – это выделение или отбор лишь тех показателей, которые отражают истинную сущность выбранной стратегии предприятия. При этом правильно составленные причинно-следственные связи описывают предприятие посредством оценки. Специалисты отмечают, что использование нефинансовых показателей делает более точными финансовые прогнозы. Таким образом, причинно-следственные связи составляют основу прогноза.

Принцип каскадирования. При построении системы сбалансированных показателей исследователи выделяют такой принцип, как каскадирование (или принцип каскада) [2; 3]. Каскадирование системы показателей означает ознакомление с ней всех работников предприятия и предоставление им возможности продемонстрировать, какой вклад их повседневная деятельность вносит в реализацию стратегии. Все подразделения предприятия определяют свои механизмы создания стоимости путем разработки своей системы показателей, связанных с корпоративными целями более высокого уровня. Здесь реализуется возможность экономической организации провести каскадирование полностью до конкретных работников, причем работники должны создавать свои личные сбалансированные системы показателей, определяющие их вклад в работу своего отдела, которая направлена на достижение общих целей. Примечательно, что при этом принцип каскадирования не смешивается с принципом участия. Эти два принципа неразрывно связаны друг с другом. Каскадирование системы показателей реализуется через две составляющие: интеграцию и координацию. Применение же принципа участия позволяет сосредоточить внимание всех работников на факторах будущей экономической стоимости и на том, какие необходимы решения и действия для достижения планируемых результатов.

Принцип учета человеческого капитала. В ходе исследования было доказано, что предприятия ракетно-космической промышленности обладают инновационным типом развития. Продуктом их деятельности является инноватика, основанная на использовании знаний и умений работников предприятия. Создаваемая ими стоимость зависит не от рационального использования материальных активов, а от извлечения, управления и умелого применения знаний работников. Таким образом, принцип учета человеческого капитала обосновывает необходимость деления показателей, применяемых в ССП, на финансовые и нефинансовые и достижения между ними баланса, с одной стороны. С другой стороны, он является важным при оценке влияния нематериальных активов на стоимость бизнеса, и, соответственно необходим его учет при построении причинно-следственных связей.

Принцип дифференциации показателей по инициативам. В литературе предлагается выстраивание определенного генезиса между запаздывающими и опережающими индикаторами. Это справедливо до определенных границ, потому что влияние фактора возникает вследствие реализации определенных инициатив (программ, планов, мероприятий). В свою очередь, инициативы характеризуют другие факторы, часто более низкого уровня, в иерархии системы принятия управленческих решений. Эти факторы, как правило, принадлежат не к одной, а к нескольким сферам (финансам, маркетингу, внутренним бизнес-процессам, обучению и росту), а инициатива, таким образом, является интегральным бизнес-процессом. Следовательно, *принцип сбалансированности показателей* по различным сферам должен быть также реализован в рамках отдельной инициативы, так как необходимо оценить эффективность этой инициативы с точки зрения ее вклада в достижение стратегической цели. Поскольку осуществление инициатив происходит в условиях ограниченности ресурсов, то возникает проблема их распределения между возможными альтернативами. Таким образом, необходимо ввести дополнительный *принцип согласованности* (сбалансированности) между инициативами. При этом надо иметь ввиду учет эффекта синергии (структурные изменения внутри организации могут приводить к возникновению синергетического эффекта). Это должно быть учтено при уточнении содержания принципа сбалансированности.

Принцип учета синергии. Выделение различных инициатив при реализации поставленных стратегических целей предприятия приводит к необходимости учета их взаимного влиянии путем оценки синергетического эффекта. Таким образом, установление баланса между инициативами требует оценки и учета влияния синергетического эффекта. При этом необходимо помнить, что учет взаимного влияния выделяемых инициатив приводит к усложнению причинно-следственных связей, что не может не отражаться в сбалансированной системе показателей. Следовательно, учет принципа синергии находит свою реализацию и в принципе сбалансированности, и в принципе казуальности.

Принцип маржинальности. Выделение маржинального инновационного развития в особый тип развития

предприятий РКП позволило сделать вывод о том, что анализ выдвигаемых альтернативных гипотез должен основываться на анализе предельных оценок. Учитывая влияние фактора на показатели, необходимо рассчитывать при этом предельные изменения показателей. Принятие управленческого решения должно базироваться на сравнении предельного (приростного) значения показателя со средним значением его до начала изменений. Все эти рассуждения потребовали введения принципа маржинальности при построении ССП.

Соблюдение принципов казуальности и интеграции сбалансированной системы показателей в концепцию контроллинга приводит к необходимости введения *принципа обоснованности норм и допустимых границ*. Принцип казуальности позволяет установить не только взаимосвязь между запаздывающими и опережающими индикаторами на основе выдвинутых гипотез, но и оценить влияние одного фактора на другой с целью оценки не только их значимости, но и установления нормативов, выступающих в качестве ожидаемых результатов. Таким образом, мы по-новому рассматриваем проблему необходимости обеспечения баланса между опережающими и запаздывающими индикаторами, поскольку предлагаем ввести не только прямую, но и обратную связь между ними, выражающуюся в оценке предельных изменений, вызванных влиянием опережающих показателей. Это также должно быть учтено при построении причинно-следственных связей. Принцип обоснованности норм и допустимых границ имеет прямую связь с принципами сбалансированности инициатив и учета синергии, так как только решение портфельной задачи и учет эффекта синергии позволяет решить задачу распределения ограниченных ресурсов (т. е. установить соответствующие нормативы распределения) для достижения выдвинутых стратегических целей.

Принцип согласованности ССП с существующими системами учета. Одной из проблем внедрения ССП является большая размерность существующих систем показателей, а также сложность их оценки на основе существующих систем учета. В связи с этим предлагается ввести принцип согласованности ССП и существующих систем учета. Его использование позволит на основе выделения наиболее существенных факторов снизить размерность ССП, определить направление совершенствования системы учета и тем самым достичь сбалансированности между ними.

Принцип учета стадийности. Отличительной особенностью инновационного процесса является его многостадийность. В частности, в литературе выделяют такие стадии, как достижения фундаментальной науки, прикладные исследования, опытно-конструкторские разработки (ОКР), первичное освоение (внедрение), широкое внедрение (собственно распространение инновации), использование технологии, устаревание инновации. Причем состав стадий может меняться, и характер экономических отношений на выделенных стадиях является принципиально различным. Следует отметить, что состав стадий для различных типов инновационных процессов также различен. Исследуемый в работе маржинальный тип инновационного развития предусматривает, в частности, отсутствие стадии фундаментальных исследований и обязательную коммерциализацию новшеств. В связи с этим управление инновационным развитием должно исходить из необходимости обеспечения определенного баланса между стадиями НИР и ОКР, с одной стороны, и ОП и ПП, с другой. Именно это условие позволяет нам экономически обосновать нормативы расходов на стадиях НИР и ОКР, определяемых исходя из масштабов и рентабельности осуществления инновационной деятельности. Таким образом, возникает необходимость установления в ССП еще одного баланса. Взаимодействие рассмотренных принципов можно изобразить в виде схемы (рис. 1).

Все вышеперечисленное позволяет расширить содержание определяющего принципа построения ССП – принципа сбалансированности. Так, наряду с оговоренными элементами, между которыми должен быть достигнут баланс, необходимо также ввести баланс между инициативами, системами учета, стадиями инновационного процесса. По сути, необходимо привести в состояние сбалансированности все показатели четырех составляющих ССП, стратегический и оперативный уровни управления, показатели и инициативы, цели и финансовый результат. И даже между отдельными инициативами должна быть соблюдена сбалансированность: в условиях ограниченности ресурсов должен быть баланс между инициативами для успешного достижения стратегической цели. Учитывая особенности функционирования предприятий РКП, сбалансированность должна быть соблюдена и для стадий инновационного процесса. Это особенно важно для конверсионных инновационных программ развития предприятий РКП, поскольку чаще всего используется произведенная инновация в области военно-технических разработок. В данном случае речь идет об инновации, которая уже не нуждается в стадии фундаментальных исследований и, может быть, даже в стадии опытно-конструкторских разработок, но все последующие стадии инновационного процесса должны быть.

Следует отметить, что инновационный потенциал предприятия представляет собой совокупность возможностей (ресурсов, резервов, нематериальных активов и др.), используемых в настоящее время, и предельных возможностей, зависимых от величины будущих доходов, характер изменения которых определяется уровнем и динамикой физического и морального износа, а также конъюнктурой рынка товаров и услуг. Такое понимание инновационного потенциала предприятия позволяет выделить три его основные компоненты (достигнутый потенциал, предельные авансированные возможности и утраченные возможности), имеющие различную природу, характер изменения и способы оценки. И вот тут необходимо соблюсти баланс между имеющимся достигнутым инновационным потенциалом предприятия РКП и приростом потенциала, а точнее авансированными возможностями для коммерциализации осуществляемой инновации в конверсионном производстве. Иными словами, трехкомпонентная структура инновационного потенциала предприятий РКП должна быть сбалансирована как в части баланса между имеющимся потенциалом и авансированными возможностями (т. е. приростным потенциалом), так и в части уравновешивания третьей компоненты и первых двух.

С точки зрения принципов сбалансированности и казуальности, структура сбалансированной системы показателей выглядит следующим образом (рис. 2).

Установленные стратегические цели предприятия сопровождаются соответствующими инициативами (программами развития, бизнес-планами, мероприятиями), планирование и контроль за которыми происходит с помощью сбалансированных показателей, которые напрямую связаны с основными финансовыми показателями предприятия в целом. Именно на основе полученных плановых финансовых показателей принимается то или иное управленческое решение. Одновременно с этим, показатели, определенные по инициативам, конкретизируются по соответствующим бизнес-процессам. Выделение уровней управления для определенных бизнес-процессов позволяет выявить наиболее существенные (релевантные) показатели для отдельных уровней управления по отдельным бизнес-процессам. В результате, выделенные показатели собираются в консолидированную отчетность корпорации. Консолидированная отчетность, в конечном итоге, формирует информацию о финансовом результате предприятия или корпорации в целом. Таким образом, финансовые показатели в создающейся сбалансированной системе показателей играют ключевую роль, являясь точкой опоры в балансирующей системе контроллинговых показателей.

Основной причиной расширения толкования общих принципов построения ССП является необходимость учета дополнительных принципов, но само по себе расширенное толкование основных принципов влечет за собой уточнение других принципов. Таким образом, предлагаемые принципы построения ССП находятся в определенной причинно-следственной взаимосвязи и, тем самым, определяют методологию построения ССП, являющуюся составной частью методологии контроллинга инновационной деятельности предприятия.

Библиографический список

1. Дубовик, А. Ю. Разработка и внедрение панели ключевых индикаторов деятельности компаний как элемента системы сбалансированных показателей (на примере украинских и немецких предприятий) / А. Ю. Дубовик [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cfin.ru/

Рис. 1. Схема взаимосвязи принципов построения ССП на предприятиях ракетно-космической промышленности

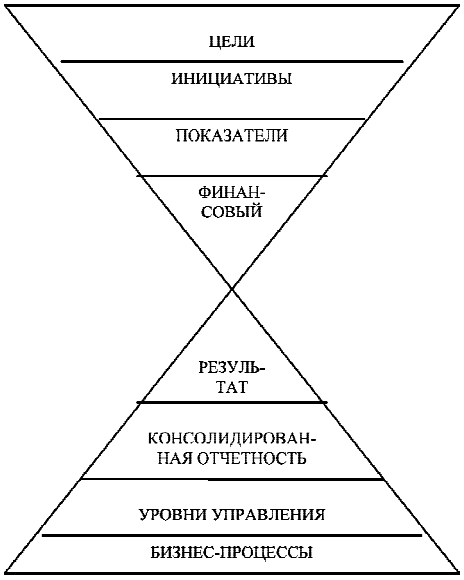


Рис. 2. Структура сбалансированной системы показателей

management/practice/supremum2003/05.shtml. Загл. с экрана.

2. Нивен, П. Р. Сбалансированная система показателей: шаг за шагом: максимальное повышение эффективности и закрепление полученных результатов : пер. с англ. / П. Р. Нивен. Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2004.

3. Володина, Н. Разработка системы сбалансированных показателей: достижение сбалансированности и факторы успеха / Н. Володина [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.scorecard.ru. Загл. с экрана.

L. V. Erygina

BALANCED SCORECARD CONCEPT IN STRATEGIC CONTROLLING METHODOLOGY

The structure and the matter of the methodological principles to form the balanced controlling indicator system based on the standard principles equilibrium, causality, the human resource enumeration and cascading as well as the suggested specific principles are proved in the article.

Keywords: controlling, balanced system of indexes, space rocket industry, innovation potential.

УДК 339.137

О. В. Пацук

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ МИРА

Экономика развитых стран в настоящее время характеризуется научно-техническим прогрессом, глобализацией хозяйственных связей, мощным экономическим потенциалом, в связи с чем государства в условиях мировой конкуренции активно ищут рынки сбыта своих товаров и услуг. Переход к рыночной экономике во многих странах привел к возникновению регионального неравенства, для устранения которого требуются адекватные социальные и экономические программы развития. Однако в настоящее время цели, эффективные критерии оценки и механизмы реализации региональной политики пока еще окончательно не сформированы, из-за чего наблюдается большое разнообразие в подходах и противоречивые тенденции развития территорий.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие территорий, региональная политика.

Экономическое развитие многих стран и регионов в настоящее время сопровождается изменением структуры общественного производства. Так, на смену индустриальному обществу постепенно приходит постиндустриальное, где большая часть занятых работает в нематериальном секторе, а меньшая часть – в промышленности и сельском хозяйстве. В этих условиях потребление индивидуализируется, и происходит так называемая демассификация производства, при этом основными факторами производства становятся информационные ресурсы. Добавленная стоимость создается в основном в нематериальной сфере, в которой превалирующим типом работника становится творческая личность, приверженная своему делу и стремящаяся привнести в свою работу новые элементы. Все виды деятельности становятся наукоемкими, абсорбируя поток управленческих, финансовых и коммерческих инноваций. Наличие прогрессивной технологии и квалификационные характеристики работников становятся важнее низких затрат на рабочую силу и других факторов конкурентоспособности.

В данной ситуации существовавшие еще несколько лет назад традиционные преимущества стран и регионов начинают утрачивать свое значение, так как эти тенденции проявляются почти во всех странах мира в той или иной степени.

Для объяснения основных тенденций экономического развития регионов и городов необходимо рассмотреть следующие базовые теоретические представления:

1. Теория пространственных преимуществ, или теория размещения, считает, что преимущества проявляются в любой экономической деятельности, так как именно они заставляют те или иные виды производств располагаться в определенных регионах. Например, алюминиевая промышленность зависит от источников дешевой электроэнергии, металлургические заводы – от мест добычи железной руды и кокса. Некоторые производства, ориентированные на местные рынки и предполагающие значительные транспортные издержки, располагаются близко к рынкам сбыта. Таким образом, каждая территория обладает определенными преимуществами, связанными с источниками сырья или другими факторами производства (рабочая сила, земля, энергия) либо с близостью к рынкам сбыта.

2. Другие традиционные представления основываются на закономерностях агломерации, концентрации и комбинации производства. В крупных городах или городских агломерациях возможна дополнительная экономия, связанная с тем, что вокруг успешно действующих производств формируется их окружение, благодаря чему происходит объединенное использование общих ресурсов (трудовых, энергетических, инфраструктурных). Поэтому агломерационный эффект представляет собой совокупные затраты всех производств, которые будут меньше, чем сумма затрат каждого производства в случае их одиночного размещения вне пределов данной агломерации. В таком случае возникает дополнительный потенциал для развития, так как некоторые виды высококвалифицированной деятельности возможны только в крупных центрах.

3. Концепция основного и вспомогательного производства позволяет эффективно анализировать проблемы экономического развития территории. В любом регионе можно выделить основную промышленность, т. е. такую, продукция которой в основном вывозится из этого региона, и вспомогательное производство, продукция которого потребляется в основном в его пределах. Например, машиностроительный завод представляет собой основное производство, а вся обслуживающая его инфраструктура является вспомогательным производством.

Как правило, при расширении основного производства увеличивается и обслуживающая его инфраструктура, т. е. возникает мультипликативный эффект – основное производство можно рассматривать как своеобразный ускоритель экономического роста. Однако в некоторых случаях основное производство может тормозить развитие, например, когда количество рабочих мест в основном производстве сокращается в ходе реструктуризации. Считается, что при достаточно быстрых структурных сдвигах, обусловленных научно-техническим прогрессом, главным фактором успешного развития региона становится не основное, а вспомогательное производство. Поэтому долгосрочное экономическое развитие и процветание региона зависит от того, в какой степени развита в нем инфраструктура и насколько она готова взять на себя нагрузку нового основного производства.

4. Концепция теории стадий роста Д. Белла используется при анализе качества регионального развития. Как показывает практика, во всех странах и регионах экономическое развитие проходит три основные стадии: доиндустриальное, индустриальное и постиндустриальное. При этом доминирующими видами деятельности доиндустриального развития являются добывающее производство, сельское хозяйство, рыбная, лесная и горнодобывающая промышленность. В индустриальной стадии преобладают перерабатывающие виды деятельности – машиностроение, легкая и пищевая промышленность, в постиндустриальной стадии основным является нематериальное производство – наука, образование, торговля, финансы, страхование, здравоохранение. Характерными чертами постиндустриального общества становится относительное падение производства товаров и увеличение производства услуг, рост наукоемкого производства, повышение уровня квалификации персонала и опережающая интернационализация производства.

По доминирующему виду деятельности можно выделить города и регионы, находящиеся на определенных стадиях развития, а так как там происходят неодинаковые по своей сути процессы, то к ним применимы и разные методы управления ходом экономического развития. Так, на стадии индустриального развития ведущий вид деятельности позволяет создавать дополнительные рабочие места, а вся остальная инфраструктура как бы обслуживает основное производство. В этих условиях часто формируются градообразующие предприятия, которые определяют состояние экономики и социальной сферы всего города. На постиндустриальной стадии основным становится уровень развития городской инфраструктуры. В зависимости от степени развития дорог, связи, жилищного сектора, сферы услуг и индустрии развлечений, от того, насколько инфраструктура города способна принять новые виды бизнеса, и определяется потенциал развития постиндустриального города.

В настоящее время основной целью экономического развития многих стран мира и их регионов является улучшение качества жизни населения. В связи с этим процесс социально-экономического развития включает в себя три составляющие направления целей:

– повышение доходов, уровня образования и улучшение здоровья населения;

– создание условий, которые бы способствовали росту самоуважения людей в результате формирования социальной, политической, экономической и институциональной систем, ориентированных на уважение человеческого достоинства;

– обогащение культурной жизни, увеличение степени свободы людей, в том числе их экономической независимости.

Последние две составляющие качества жизни далеко не всегда учитываются при оценке степени социально-экономического развития стран и регионов, однако в на-

стоящее время им придается все большее значение. В соответствии с целями развития регионов строится система критериев (характеристик развития) и показателей, которые измеряют эти критерии. Существуют некоторые различия между странами и регионами в иерархии ценностей и целей их развития, но тем не менее международные организации оценивают степень развития стран и регионов по универсальным интегральным показателям. Например, индекс развития человека, разработанный в рамках Программы развития ООН, ранжирует страны по восходящей линии от 0 до 1, используя для расчета три показателя экономического развития:

– ожидаемая продолжительность жизни при рождении;

– интеллектуальный потенциал (грамотность взрослого населения и средняя продолжительность обучения);

– величина душевого дохода с учетом покупательной способности валюты и снижения предельной полезности дохода.

Наряду с интегральными показателями используют и отдельные частные показатели развития региона, такие как национальный доход на душу населения, уровень потребления отдельных материальных благ, степень дифференциации доходов, продолжительность жизни, уровень физического здоровья и образования.

Региональная политика является важной составной частью экономической политики страны, которая охватывает комплекс различных мероприятий, направленных на регулирование размещения производительных сил. Региональная политика государства – это сфера деятельности по управлению экономическим, социальным и политическим развитием страны в пространственном, региональном аспекте. Она представляет собой составную часть национальной стратегии социально-экономического развития и предусматривает следующие направления:

– определение соотношения направлений регионального развития и обеспечение их взаимодействия;

– определение соотношения общегосударственного и регионального аспектов развития и уровней управления экономикой;

– подъем экономики отсталых районов и освоение новых районов и ресурсов;

– решение национально-экономических вопросов;

– решение проблем урбанизации.

Содержание региональной политики в развитых странах практически одинаково, и без ее осуществления диспропорции как в регионах, так и в масштабе всей страны будут возрастать. Региональная политика включает в себя:

– освоение слаборазвитых территорий и реконструкцию экономики депрессивных промышленных районов;

– децентрализацию агломераций и районов концентрации промышленного производства;

– образование новых промышленных узлов за пределами городских поселений, не связанных с существующими центрами промышленности.

В развивающихся странах выделяют следующие направления региональной политики:

– интеграцию всех районов страны в единый национальный рынок;

– смягчение региональных диспропорций и подъем экономики отсталых аграрных районов;

– смягчение противоречий между городом и деревней, регулирование процесса урбанизации;

– более полное освоение природных и трудовых ресурсов;

– рациональное размещение новых промышленных проектов.

При изучении экономики практически любого достаточно большого по своей территории государства, не говоря уже о межгосударственных объединениях (например, ЕС, СНГ, ЕврАзЭС и пр.), сразу обращают на себя внимание диспропорции в распределении различных общественных ресурсов, к которым относят плодородные земли, климатические условия, плотность населения, полезные ископаемые, производственные предприятия, инфраструктуру и пр., что является одной из главных причин неравномерности экономического развития регионов. В результате возникают различия в уровнях доходов населения, занятости, обеспечении товарами и услугами и т. д., которые часто становятся причиной миграционных процессов, порождают разные формы социального недовольства населения и являются значительной проблемой в связи с распространением в индустриальных странах современных информационных технологий и телекоммуникаций.

Европейские фонды регионального развития разработали программу инновационных мер на период 2002–2006 гг., включающую три основных направления: создание региональной экономики, основанной на знаниях и инновациях; использование информационных технологий для поднятия уровня развития; сохранение региональной идентичности и устойчивое развитие путем использования достижений в области образования и охраны среды. На реализацию этих мероприятий в данном периоде было выделено около 200 млн евро для 156 регионов (без учета новых членов) [1].

Большой вклад в ускорение регионального развития вносит сеть европейских инновационных регионов (Innovating Regions in Europe, IRE), включающая более ста участников, благодаря которой возникает возможность использовать опыт других регионов при формулировании и реализации инновационной политики. В настоящее время деятельность сети развивается в двух направлениях: включение новых регионов в бенчмаркинг и оценка эффективности политики [2].

В мировой экономике выработан и апробирован на практике ряд организационно-экономических мер, которые способствуют интенсификации процесса регионального инновационного развития:

– разработка и внедрение специальных целевых программ на разных уровнях власти;

– прямые государственные субсидии и целевые ассигнования региональных органов власти;

– местные налоговые льготы, направленные на стимулирование инновационной деятельности предприятий;

– формирование научных парков и региональных центров передовых технологий;

– создание инкубаторов малого бизнеса;

– привлечение венчурного капитала;

– мобилизация ресурсов частного сектора на решение задач регионального развития;

– формирование предпринимательских сетей и кластеров;

– совершенствование информационной, коммуникационной и финансовой инфраструктуры;

– организация управленческого консультирования предпринимателей и другие меры.

При этом проводимая на практике региональная инновационная политика определяется конкретными экономическими условиями и существующими территориальными проблемами. Поэтому нет общего механизма регионального развития для применения различных его инструментов во всех ситуациях, и каждое государство или регион должны подходить к решению своих задач с учетом существующих особенностей, традиций, имеющихся ресурсов и потребностей.

В западных странах уже в 50–60-е гг. прошлого века был разработан комплекс мер помощи проблемным районам с целью укрепления единства экономического (рыночного) пространства страны. В настоящее время эта практика используется, но уже с учетом формирования экономики инноваций. Например, правительство США занимается проблемами размещения научно-технологического потенциала, пытаясь преодолеть его сверхконцентрацию в отдельных штатах. Правительство ФРГ способствует (через трансферты) снижению различий в уровнях доходов бюджетов территорий, для того чтобы преодолеть опасность дестабилизации положения в стране из-за роста неуправляемой межрегиональной миграции трудоспособного населения.

Одной из целей экономического районирования в развитых странах является выравнивание условий и качества жизни населения [3], вероятно, в связи с этим капиталистические страны в экономическом развитии преуспели больше. Эту ситуацию подтверждают также исследования, выполненные советскими географами, которые попытались оценить однородность экономического развития территории США [4]. За исходные территориальные единицы были взяты «узловые функциональные районы», которые выделяются официальной американской статистикой в виде зон тяготения главных городов страны. Сбор статистических сведений осуществлялся по единицам более низкого уровня (в США низовой единицей административно-территориального деления является графство, число которых составляет 3 100). По каждому из узловых районов, а их оказалось 118, были взяты официальные данные за 1976 г. о структуре заработной платы местного населения, работающего по найму. Анализ проводился по 14-ти секторам экономики: сельскому хозяйству, рыболовству и лесному хозяйству, горнодобывающей промышленности, обрабатывающей промышленности, подрядному строительству, транспорту, торговле, финансам, частным услугам, государственным органам, местным и федеральным служащим с разделением на гражданских и военных. Авторы проекта считали, «что эти сведения достаточно точно отражают структуру местного хозяйства». При этом идея заключалась в оценке различий между парами соседних узловых районов и попытке их экономической классификации. Предполагалось, что чем больше «расстояние» между узловыми районами в 14-мерном пространстве свойств, тем сильнее различается их экономическое развитие.

В результате было выявлено, что «контрастность границ между соседними узловыми районами оказалось очень низкой... В среднем для всех 417 пар соседей таксономическое расстояние составило всего 0,19. Это в полтора раза меньше, чем среднее расстояние (0,33) между всеми парами районов как соседних, так и не соседних». Всего восемь границ имели показатель выше среднего, и только для двух он превышал 0,5, это означает, что только около 10 % всех границ можно было признать «существенными рубежами».

По мнению исследователей, различия объясняются локальными факторами (столичный округ, крупнейший угольный порт, Лас-Вегас и пр.), тем более что не удалось четко провести границу между Севером, Югом и Западом. По итогам работы отмечалось, что «низкая контрастность... не порождена несовершенством избранного метода, но имеет, по-видимому, объективные причины» и, в частности, «свидетельствует о высокой однородности развития практически всех регионов США». Интересно также то, что эта однородность «нарастает с годами, особенно в ходе индустриализации Юга и миграции негров на Север». В связи с этим, заключительный вывод гласил: «Опыт применения методики... показал, что даже там, где контрасты между типами хозяйственных структур сильно сглажены, удается получать, несомненно, полезные результаты».

Высокая однородность, т. е. низкая контрастность, экономического развития территории страны характерна не только для США. В Европе в последние 30–40 лет преобладает концепция сбалансированного развития. Так, с 1988 г. там проводится единая «общеевропейская» региональная политика, направленная на выравнивание жизненного уровня населения разных регионов (через выделение проблемных ареалов), которую использует Европейская комиссия для определения территорий, нуждающихся в своевременной помощи.

Законодательной базой региональной политики на общеевропейском уровне является п. 3 ст. 92 Римского договора, где оговариваются виды помощи, которые считаются совместимыми с требованием соблюдения конкуренции. «К ним относятся:

– помощь, направленная на содействие экономическому развитию ареалов с аномально низким уровнем жизни или серьезным дефицитом рабочих мест;

– помощь, направленная на содействие выполнению важного проекта, представляющего общеевропейский интерес, или на защиту экономики какой-либо страны – члена ЕС от серьезного нарушения экономики;

– помощь, способствующая развитию определенной экономической деятельности или конкретных экономических областей, если такая помощь не влияет на условия торговли и конкуренции в Сообществе настолько, чтобы противостоять общим интересам;

– помощь, способствующая бережному отношению к культуре и наследию, если она не влияет на условия торговли и конкуренции в Сообществе настолько, чтобы противостоять общим интересам;

– виды помощи, которые могут быть оговорены решением Совета, принятые квалифицированным большинством голосов на основе предложения Комиссии» [5].

При выделении кризисных районов, которые нуждаются в специальной поддержке, применяется довольно сложная процедура, учитывающая цели региональной политики, размеры проблемных территорий и критерии их выделения (надежность, достоверность, прозрачность, пороговые величины), принципы ранжирования проблемных территорий.

Либерализация национальных рынков товаров, труда, капитала и информации стимулирует развитие отношений между регионами и формирование транснациональных регионов. В мире существует множество регионально-государственных иерархий, но так как в большинстве стран, за исключением предельно централизованных и тоталитарных, регионы являются открытыми системами и могут контактировать с другими территориями за пределами страны, то связующим элементом их иерархической системы являются не только вертикальные, но и горизонтальные связи [6].

По своей стратегической направленности региональная политика Европейского союза (ЕС) ориентирована на «преодоление диспропорций между уровнями развития различных регионов». При этом особо выделяются две задачи: содействие развитию и реструктуризации отсталых территорий; поддержка экономической и социальной конверсии ареалов, столкнувшихся со структурными трудностями. Для определения отсталых или проблемных регионов используются объекты NUTS уровня два, при этом в качестве критерия используется внутренний валовой продукт (ВВП) на душу населения (он должен быть меньше 75 % от среднего ВВП по Сообществу). Надо сказать, что относительно данного критерия существуют определенные разногласия, но тем не менее он признается «лучшим из имеющихся».

Для модернизации (конверсии) территорий, столкнувшихся со структурными проблемами, используются объекты NUTS уровня три. К ним относят ареалы, переживающие социально-структурные перемены в промышленных секторах и производстве услуг, деградирующие сельские районы и депрессивные районы, зависящие, в частности, от рыболовства. Для того чтобы их определить, используют более сложные критерии, например, для промышленных регионов важным является уровень региональной безработицы за последние три года (он должен быть выше среднего по ЕС); доля занятости в промышленности от общей занятости (она должна быть не менее средней величины по ЕС); факт снижения занятости в промышленности (признак спада). Для сельскохозяйственных ареалов основным является низкая плотность населения (менее 100 чел./км^2); высокая доля занятых в сельском хозяйстве (превышающая в два раза среднее значение по ЕС); высокая безработица (выше средней величины по ЕС) или сокращение населения.

Система выделения ареалов, столкнувшихся со структурными трудностями включает три этапа:

1. На основе объективных критериев определяются пороги численности населения для каждой страны и выделяются регионы, которые считаются приоритетными на уровне ЕС.

2. Каждая из стран ЕС с учетом выделенных ей квот подает перечень ареалов, удовлетворяющих критериям выбора, при этом он должен быть обоснован приемлемой статистической информацией.

3. Комиссия, после консультаций с каждой из стран и уточнения национальных приоритетов, формирует окончательный список регионов.

Для контроля, т. е. регламентации деятельности структурных фондов, используется концепция «сетки безопасности» в форме максимального порога (квоты) численности населения, подпадающего под условия конверсии в пределах каждой страны. Теоретически считается, что ни одна страна не должна страдать от сокращения охвата более чем на одну треть. При определении квоты среди стран ЕС учитывается не только количество населения, но и уровень национальных структурных проблем, который оценивается по совокупной и долгосрочной занятости населения. В связи с этим Греция, Португалия и Ирландия полностью подпадают под выделение субсидий на развитие и реструктуризацию экономики.

Система выделения ареалов постоянно совершенствуется, например, в 2000 г. в странах ЕС по предложению дректората комиссии по вопросам политики в сфере конкуренции (DG IV) была проведена инвентаризация существующих проблемных ареалов, которые являются объектами помощи, и построены новые карты объектов региональной политики, выделенных с учетом измененных директив. В связи с этим, в большинстве стран численность населения проблемных ареалов снизилась, а в Финляндии и Испании незначительно увеличилась.

Во многих развитых странах кроме общеевропейской системы выравнивания используются свои национальные системы, которые обеспечивают выделение инвестиций на поддержание и развитие наиболее отсталых (проблемных) районов. Среди них особый интерес представляет система, которая практикуется в последнее время Германией, так как там идея социальной справедливости является очень важной. В первые годы, после объединения восточной и западной частей страны, разрыв в уровне экономического и социального развития старых и новых земель ФРГ был значителен, так валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения в ГДР был в четыре раза ниже. В 1990-е гг. произошло интенсивное подтягивание социальных показателей новых земель к уровню старых, например, быстро сократился разрыв в обеспеченности легковыми автомобилями и жильем, несколько медленнее уменьшалась разница в заработной плате. Несмотря на то, что в 1994 г. темпы роста замедлились, уже к концу 1998 г. уровень ВРП в новых землях удалось поднять в два раза.

Германская система предусматривает анализ пяти основных показателей, их стандартизацию (нормализацию) относительно общенациональной средней величины и свертку, т. е. взвешивание с учетом значимости. Так, показателю заработной платы на душу населения придается вес 40 %, среднему уровню безработицы – 40 %, комплексному показателю инфраструктуры – 10 %, прогнозу тенденций занятости – 5 %, тенденции в прошлых уровнях безработицы – 5 %. По итоговому «комбинированному» показателю осуществляется ранжирование

регионов. Согласно этой системе считается, что неблагоприятная динамика одного показателя не влияет на общий результат, и минимизируются «искажения», вызванные излишне большими весами отдельных показателей. При этом в пределах выделенных квот каждая земля может использовать более тонкие механизмы распределения, так как используется механизм первичного (вертикального) и вторичного (горизонтального) перераспределения финансовых ресурсов между землями и общинами.

Надо также отметить, что федеральная поддержка «не является общегерманским собесом» и направлена, в первую очередь, на стимулирование собственного развития, так как в основе социальной политики Германии лежат следующие принципы:

– фундаментальный принцип взаимной поддержки и солидарной ответственности, которая обязывает земли, несмотря на их самостоятельность, прямо или косвенно оказывать помощь другой, более слабой в финансовом отношении земле;

– выравнивание финансовых потенциалов земель не должно вести ни к ослаблению потенциала земель-доноров, ни к нивелированию финансового положения земель;

– финансовая помощь – это не гарантированное пособие, а только поддержка собственных усилий, поэтому важно, чтобы расчет на собственные силы не ослабевал, а стремление к инициативе и росту производства укреплялось.

Несмотря на провозглашение стремления к экономическому и социальному развитию своих территорий, в проекте ТАСИС отмечается, что «федеральный конституционный суд оценил долголетнюю практику предоставления субсидий одной и той же земле как антиконституционную». Германская система используется также в ряде других стран (например, в Дании), где наиболее важными являются количественные показатели, прозрачность системы и относительная простота.

Таким образом, во многих странах – новых членах ЕС переход к рыночной экономике привел к возникновению сильного территориального неравенства, для устранения которого требуется вмешательство правительства. Роль региональной политики в настоящее время возросла, что подтверждают разрабатываемые повсеместно социальные и экономические программы развития, особенно в связи со стремлением этих стран вступить в ЕС. Однако цели, критерии оценки и механизмы реализации региональной политики там пока еще окончательно не сформированы, в связи с чем наблюдается большое разнообразие в подходах и множество противоречивых тенденций развития.

Библиографический список

1. Портал Европейского союза [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://europa/eu.int/comm/regional policy/innovation/intro. Загл. с экрана.

2. Ларина, Н. И. Региональная политика в странах рыночной экономики / Н. И. Ларина, А. А. Кисельникова. М. : Экономика, 1998.

3. Грицай, О. В. Центр и периферия в региональном развитии / О. В. Грицай, Г. В. Иоффе, А. И. Трейвиш / М. : Наука, 1991.

4. Движение регионов России к инновационной экономике / под ред. А. Г. Гранберга, С. Д. Валентея ; Ин-т экономики РАН. М. : Наука, 2006.

5. Проект ТАСИС. Региональная политика, направленная на сокращение экономической и правовой асимметрии. Новосибирск : Экор ; Сиб. соглашение, 2000.

6. Тургель, И. Д. Региональная экономика и управление / И. Д. Тургель. М. : Инфра-М, 2005.

O. V. Patsuk

SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE WORLD'S REGIONS

Today the economy of developed countries is characterized by scientific and technological advance as well as globalization of economic relations and possibilities. In a situation of the world competition countries seek markets for their goods and services. In many countries the transition to market economy caused regional inequalities, which can be overcome with the help of adequate programs of social and economic development. Nowadays, however, due to the lack of goals, effective evaluation and mechanisms of regional policy implementation, regional development has a controversial nature.

Keywords: social and economic development of the territory, regional policy.

УДК 06.73

В. А. Еремина

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРИИ НАЛОГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ОБЩЕСТВА

Рассматривается эволюция и этапы развития налоговых отношений на различных этапах социально-экономического устройства общества: формирование основных зарубежных и российских налоговых теорий в качестве научных концепций; развитие, проблемы и пути решения российской науки в области политики налоговых отношений; наиболее важные противоречия в области политики налоговых отношений, слабо вписывающиеся в систему рыночных отношений, развитие которых провозглашено в Российской Федерации. Сделан вывод о том, что совершенствование налоговых отношений – один из путей выхода из современного кризиса финансовой системы.

Ключевые слова: налоговые отношения, зарубежные налоговые теории, российские налоговые теории, налоговая реформа, мировой кризис.

К настоящему времени в мировой практике сложились две основные модели рыночной экономики – либеральная и социально ориентированная, которые отличаются между собой мерой государственного вмешательства в социально-экономические процессы. Либеральная модель характеризуется низким уровнем налогового бремени, однако при этом государство не берет на себя обязанность заботиться о налогоплательщике: все необходимые блага он получает самостоятельно за счет средств, остающихся после уплаты налогов. Для социально ориентированной модели экономики, напротив, характерен высокий уровень налогового бремени, но при этом государство проявляет определенную заботу о налогоплательщике. Оно предоставляет максимум социальных выплат, льгот, гарантий, а также стремится упростить для налогоплательщика процедуру уплаты налогов (полноценно информирует налогоплательщика о процессе уплаты налога; проводит мероприятия, позволяющие сделать деятельность налоговых органов максимально открытой, прозрачной). Система налогов и сборов служит механизмом экономического воздействия на общественное производство, его структуру, динамику и размещение, на ускорение научно-технического прогресса. Налогами можно стимулировать или, наоборот, ограничивать деловую активность, а следовательно, и развитие тех или иных отраслей предпринимательской деятельности; создавать предпосылки для снижения издержек производства и обращения частных предприятий, для повышения конкурентоспособности национальных предприятий на мировом рынке. Налоги есть основание государственного бюджета, а следовательно, они являются и экономическим основанием государственной политики, и способом воздействия государства на экономику. В учениях о государстве проблема налоговых отношений представлена столь же обстоятельно. Социалисту П. Прудону приписывают следующее высказывание: «В сущности, вопрос о налоге есть вопрос о государстве». Ему не противоречит и К. Маркс, утверждавший, что «в налогах воплощено экономически выраженное существование государства» [1].

Существование стройной системы налогов есть признак высокой ступени государственного развития. Большинство исследователей налоговых систем отмечают их многообразие, проявляющееся и в пространстве, и во времени. Налоговые системы каждой исторической эпохи и каждого географического региона имеют особенности, присущие только им.

С течением времени, когда налоги стали играть основную роль в формировании государственных доходов и использоваться как инструмент экономического регулирования, зарождались определенные взгляды ученых-экономистов на налоги, которые в последующем формировались в теории.

Например, следует отметить работы Фомы Аквинского (1226–1274), который считал налоги узаконенной формой грабежа народа; Диомеда Карафа (ум. 1487), считавшего, что основным источником доходов бюджета должны быть домены, т. е. поступления от недвижимости и капитала, а не от поборов с населения; Ж. Бодена (1530–1597), давшего следующую классификацию доходов государства: 1) домены; 2) военная добыча; 3) подарки дружественных государств; 4) сборы с союзников; 5) доходы от торговли; 6) пошлины с вывоза и ввоза; 7) дань с покоренных народов [2].

Формирование основных налоговых теорий в качестве научных концепций происходило начиная с XVII в. Одной из первых возникла теория эквивалентного обмена, которая зародилась еще в условиях средневекового финансового хозяйства. Основной ее посыл состоял в определении сущности налогов как эквивалентной платы граждан за услуги по охране границ, поддержанию правопорядка, исправлению судопроизводства и т. п., покупаемые у государства.

Второй разновидностью теории обмена является атомистическая теория налогов, или теория «общественного (публичного)» договора, которая возникла в эпоху просвещения в XVII–XVIII вв. во Франции. Ее основоположниками являются С. Вобан (1633–1707), Ш. Монтескье (1689–1755) и др. Они настаивали на договорном характере налога, согласно которому налог есть плата, вносимая гражданами в результате своеобразного заключения ими публичного договора с государством.

Следующий период в развитии налоговой теории связан с классической теорией налогов. Основой данной теории принято считать работы английского экономиста А. Смита (1723–1790). А. Смит признан основоположни-

ком научной теории налогообложения, поскольку он впервые определил понятие налоговой системы, сформулировал необходимые условия для ее формирования. Вполне обоснованно утверждение В. М. Пушкаревой, что «вклад А. Смита в теорию налогов состоит в том, что он – автор четырех принципов налогообложения, названных впоследствии „великой хартией вольностей плательщиков“ и „декларацией прав плательщика“...» [3]. Дальнейшее развитие учение А. Смита получило в трудах виднейших западных экономистов того времени – Давида Рикардо (1772–1823), Джона Стюарта Милля (1806–1873) и ряда других.

Мировой экономический кризис 1929–1933 гг., обрушившийся как на развитые, так и на неразвитые в экономическом отношении страны, со всей очевидностью продемонстрировал теоретическую несостоятельность классического подхода, ограничивающего возможности вмешательства государства в экономику. Этот кризис с особой остротой актуализировал необходимость поиска нового смысла роли государства в регулировании экономических процессов рыночного хозяйства. Английский экономист Дж. М. Кейнс (1883–1946) уловил назревшую потребность и в своей работе «Общая теория занятости, процента и денег» (1936) сформулировал принципиально новую теорию государственного регулирования экономики.

Неоклассическая теория, в отличие от кейнсианской, отводит государству достаточно пассивную роль в регулировании экономических процессов. Значительный вклад в развитие неоклассической теории налогов внес профессор А. Лаффер (теория экономики предложения), который установил количественную зависимость между прогрессивностью налогообложения и доходами бюджета, построив параболическую кривую, получившую в дальнейшем название «кривая Лаффера» (Laffer curve).

Итак, на протяжении XX в. зарубежная теория и практика налогообложения опирались на различные концепции и научные школы.

Российская наука развивалась в целом в том же направлении, но по отличному от западного пути, что было обусловлено особенностями становления и развития российского государства. Серьезное изучение науки о налогах в России началось в XVIII в., со времен правления Петра I. Основные принципы налоговой политики были сформулированы в «Регламенте государственной Камер-коллегии», где подчеркнута взаимная зависимость налоговой системы и всего хозяйства страны, необходимость соизмерения величины налогов с имущественным состоянием плательщика [4].

В России большая полемика по вопросам теории налогов велась до революции и в основном затрагивала проблему сущности налогов, их форм, видов, выполняемых ими функций. Таких ученых-экономистов, как А. А. Тривус, Н. И. Тургенев, И. Х. Озеров, А. А. Соколов, В. Н. Твердохлебов, труды которых являются неоценимым вкладом в теорию налогов, по праву можно отнести к классикам отечественной экономической науки.

Наиболее ярким русским ученым-финансистом начала прошлого столетия считается профессор финансового права Московского университета И. Х. Озеров (1869–1942). Ему принадлежат такие замечательные труды по теории налогов, как «Подоходный налог в Англии» (1898), «Главнейшие течения в развитии прямого обложения в Германии» (1900), «Финансовая реформа в России» (1906), «Финансовое право» (1915) и др. Основное внимание в своих работах И. Х. Озеров уделял проблемам развития налоговой системы, влияния налогов на экономику и налогоплательщиков, бюджетному устройству и бюджетному процессу в России. Он выступал за снижение косвенных налогов, оказывающих негативное воздействие на экономику, ценообразование и доходы населения; ратовал за умеренную прогрессивную шкалу ставок подоходного обложения, за соблюдение принципов налогообложения и построения налоговой системы России.

Ученый в своих работах обращал внимание на очень важную на сегодняшний день проблему – развитие налоговой культуры граждан, осознание того, что налоги не только «приносят зло», но и то, что главным их предназначением является удовлетворение общегосударственных, общенародных потребностей. Он писал, что необходимо формировать «…у плательщиков чувство долга выполнить свою податную обязанность» [5].

Тривус А. А. в работе «Налоги как орудие экономической политики» (1925) обратился к малоизученной в то время у нас в стране проблеме налогового регулирования экономических процессов в обществе. Он выделил регулирующую и стимулирующую функции налогов, проанализировал их влияние на экономику: «Для государства важен не только количественный рост производства и накопления, но и экономическое, материальное содержание этой деятельности, т. е. что производится, где, на каких условиях и т. п. Поэтому со стимулированием деятельности хозяйствующих лиц, государство должно одновременно взять на себя регулирование их деятельности» [6]. При этом «…налоги могут служить орудием экономической политики в совокупности с другими средствами – активной банковской политикой, таможенными пошлинами, регулированием деятельности акционерных компаний, синдикатов, трестов. Налоги были приравнены к одной из составляющих сил, определяющих ту равнодействующую, по которой совершается эволюция рыночной экономики…» [7].

Наиболее яркой работой в области теории налогов того периода является труд Н. И. Тургенева «Опыт теории налогов» (1812), имевший большое значение в то время и не потерявший своей актуальности и сегодня. В ней автор раскрыл сущность и происхождение налогов, обосновал их значение для развития государственного хозяйства и всей экономики страны. Одной из важнейших идей тургеневской книги является положение, что эффективность налоговой системы непосредственно зависит от политического состояния страны, от степени реализации буржуазных политических свобод: «…На самые налоги имеет влияние, кроме богатства народного, образ правления государства и дух народный, и сие влияние особенно показывается в охоте или готовности народа платить налоги. Сия готовность всего более видна в республиках; отвращение к налогам – в государствах деспотических» [8].

Так А. А. Соколов писал: «Существование налогов, в особенности же существование развитой налоговой сис-

темы, всегда предполагает существование более или менее организованной государственной власти, выполняющей известные публично-правовые функции. Это не исключает, конечно, того, что в некоторые периоды, а именно в периоды перехода с одной ступени хозяйственного развития на другую, налоговая система, как и вся вообще система государственного управления, может войти в конфликт с тенденциями роста народного хозяйства. Но во всяком экономически прогрессирующем обществе победа должна оставаться в таких случаях за производительными силами, а не за налоговой системой» [9].

После 1917 г. произошло постепенное разделение науки на две части: капиталистическую и социалистическую. Эволюция последней следовала за «великими» достижениями социалистического строительства и претендовала на коренные преимущества и отличия от науки капитализма. При этом в самой теории налогов были «обнаружены» огромные изъяны, в том числе дефицит бюджета, отсутствие единой и четко отлаженной налоговой системы и органов ее контроля.

В сталинские и первые постсталинские годы правления, когда наука не могла свободно развиваться из-за доминирования идеологических факторов и репрессий ученых и мыслителей, «…налоги использовались партией и правительством с целью охраны и укрепления социалистической собственности, правильного сочетания общественных и личных интересов советских граждан, как средство, содействующее осуществлению социалистическим государством хозяйственно-организаторской и культурно-воспитательной работы», – пишет профессор К. Н. Плотников, давая понять, что при существовании «эксплуататорских классов» налоги использовались для их ликвидации [10]. Это подтверждает П. П. Гензель: «…в первый период Советская власть смотрела на налоги не как на нормальный финансовый ресурс, т. е. как на средство изымать ту или иную часть народного дохода для покрытия расхода по текущим нуждам государства, а как на способ довершить конфискацию имущества, оставшегося еще в руках имущих классов населения» [11]. Несмотря на проводимую работу, следует, однако, констатировать, что в данный «сталинский» отрезок времени налицо был большой дефицит фундаментальных работ по теории налогов.

Следующий период связан с хрущевской «оттепелью» и концом единомыслия во взглядах на теорию налогов и охватывает конец 1950-х – начало 1980-х гг. Конкретно налогам были посвящены всего несколько работ, в том числе «Государство и налоги» (1960) В. И. Матвеева, «Налоги капиталистических государств» (1961) М. Б. Богачевского, «Современная налоговая система США» (1975) А. Печникова, где в основном раскрывалась «эксплуататорская» роль налогов в этих странах. В этот период также не было издано ни одного крупного научного труда по теории налогов.

Развитие теории налогов в период политики безналогового строительства социализма, которую объявил Н. С. Хрущев, не осуществлялось, так как в бывшем СССР при централизованной планово-директивной системе фактически отсутствовала общая единая налоговая система. В условиях преобладания государственной формы собственности считалось, что налоги не могут быть применимы по отношению к государственным предприятиям и организациям, доходы которых полностью, как и все бюджетные средства, являются государственными. В подтверждение можно привести некоторые работы этого периода по налогам, призывающие их отмену: это произведения Н. С. Хрущева «Об отмене налогов с рабочих и служащих» (1960), Д. А. Аллахвердяна «Государство без налогов» (1960), Д. Бурмистрова и З. Косаревой «Отмена налогов с рабочих и служащих в СССР. Практическое пособие для финансовых работников» (1960) и др.

В период управления государством Л. И. Брежневым вводятся определенные налоговые изменения. В начале 1970-х гг. продолжают снижаться налоги с населения.

Политика перестройки и гласности 1985 г. положила начало новому этапу развития учения о налогах в России. Переход к рыночным отношениям, курс которому был определен в конце 1989 г., дал новый импульс к становлению налоговой системы и формированию налоговой политики Российской Федерации. Было четко определено, что государство не может существовать без крепкой финансовой базы, которая формируется в основном за счет налогов. В свою очередь, развитие рыночной экономики требует государственного вмешательства и регулирования, в том числе путем использования налогового механизма. При этом рынок и его институты служат узловым пунктом, связывающим государство и налоги, максимально выражают форму и содержание складывающихся здесь экономических отношений [12].

В конце 1990-х гг. полностью стала меняться налоговая политика страны. Налоги стали рассматриваться не только с точки зрения выполнения ими фискальной функции, но и в качестве инструмента регулирования экономики в целом. С 1 января 1992 г. в России вводилась новая налоговая система, которая была призвана способствовать интеграции российской экономики в мировую, развитию рыночных отношений, решать фискальные, социально-экономические и даже политические задачи общества. Но в силу объективных и субъективных факторов эта налоговая система не смогла оправдать возложенные на нее надежды. Первым важным и необходимым шагом налоговых преобразований стало введение в действие первой и второй части Налогового кодекса Российской Федерации, что позволило решить целый ряд вопросов.

В ходе налоговой реформы в 1999–2008 гг. были осуществлены важнейшие шаги в реформировании налоговой системы, а именно [13; 14]:

– упразднены экономически неоправданные и оказывавшие наиболее негативное влияние на хозяйственную деятельность «оборотные» налоги и налог с продаж, а также некоторые другие неэффективные налоги, что обеспечило заметное упрощение налоговой системы;

– вместо имевшихся ранее самостоятельных отчислений в государственные социальные внебюджетные фонды введен единый социальный налог с несколько меньшей эффективной ставкой и возможностью снижения относительной суммы налога при увеличении размера выплат;

– снижены налоговые ставки по налогу на доходы физических лиц, по налогу на прибыль организаций, по единому социальному налогу;

– введен новый порядок исчисления налога на прибыль, соответствующий системам налогообложения, применяющимся в международной практике;

– реформирована система налогообложения добычи полезных ископаемых, обеспечившая при существенном упрощении налогообложения прямую зависимость объема изъятия финансовых ресурсов от уровня мировых цен на экспортируемое сырье;

– упрощен и облегчен режим налогообложения малого бизнеса и сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет введения в Налоговый кодекс глав, регулирующих применение специальных налоговых режимов;

– проведена реформа имущественного налогообложения, предусматривающая снижение числа объектов налогообложения по налогу на имущество организаций и новую систему земельного налога, ориентированную на кадастровую стоимость земельных участков;

– удалось обеспечить более равномерное распределение налоговой нагрузки на всех налогоплательщиков, в том числе за счет отмены неэффективных налоговых льгот, кроме того, заметно улучшилось налоговое администрирование, что привело к росту собираемости налоговых платежей;

– усовершенствована система налоговых вычетов по НДФЛ;

– проведены другие немаловажные мероприятия по реформированию налоговой реформы.

Глобальный финансовый кризис затронул Россию в гораздо большей степени, чем того ожидало правительство. Владимир Путин 20 ноября 2008 г. на X съезде партии «Единая Россия» выступил с докладом по программе социально-экономического развития страны до 2020 г. [15]. Председатель Правительства РФ рассказал о планах федеральной власти по преодолению финансового кризиса. Россия не собирается отказываться от стратегических планов развития, несмотря на мировой кризис. В частности, премьер-министр предложил срочно принять антикризисные поправки в Налоговый кодекс РФ, которые защитят предпринимателей и граждан от разорения. Российские власти приняли ряд срочных и обоснованных мер по снижению налогового бремени в дополнение к серии летних законов о налогах. В рамках антикризисного налогового закона с 2009 г. будут предоставлены вычеты по НДС по уплаченным авансам, федеральная ставка налога на прибыль снизится на 4 % (с 24 до 20 %), регионы получили право в рамках упрощенной системы налогообложения снижать ставку налога с 15 до 5 %, предприняты и другие немаловажные меры.

Что касается необходимости адаптации налоговой системы к реалиям сегодняшней России, то надо помнить, что налоговая система включает в себя не только систему налогов, но и многие другие элементы. Именно поэтому бизнес ожидает в ближайшее время немаловажные технические изменения. Наиболее эффективными методами господдержки в эпоху финансового кризиса являются адресная финансовая помощь со стороны государства и снижение налогов. Владимир Путин призвал освободить бизнес от административных барьеров, упростить процедуру открытия нового дела, обеспечить развитие конкуренции. Для этого, отметил он, нужно предоставить антимонопольным органам повышенные полномочия, но и «не прессовать бизнес проверками» [16].

Оксана Дмитриева, экономист, депутат Государственной Думы, член Комитета Государственной Думы по бюджету и налогам, в интервью отмечает, что изменения в налоговую систему нужно вносить в аварийном порядке. Самый эффективный способ разрешения кризиса неплатежеспособности и поддержки реальной экономики – это насыщение экономики ликвидностью «снизу» [17]. Самый эффективный способ достичь этого – снизить налоги. Главный момент для насыщения ликвидностью – это аварийное снижение налога на добавленную стоимость. Также целесообразно установить налоговые «каникулы» для малого бизнеса по упрощенной системе налогообложения, по налогу на прибыль, по земельному налогу, налогу на имущество организаций примерно на полгода. Повышать налоги в условиях кризиса недопустимо.

За последние годы много сделано для существенного улучшения налоговых отношений в российской экономике. Приняты серьезные поправки в ч. 1 Налогового кодекса Российской Федерации, направленные на улучшение налогового администрирования и совершенствование правил контрольной работы налоговых органов. Снижается налоговая нагрузка на экономику. Осуществлены серьезные мероприятия по упрощению налоговой системы страны путем установления закрытого перечня налогов, сокращения их числа, унификации налоговых баз, правил и порядка уплаты конкретных налогов. Вместе с тем, формирование налоговой системы страны еще не закончено. Можно говорить лишь о создании основ современной налоговой системы государства с рыночной экономикой. В системе налоговых отношений накопилось огромное количество проблем, многие из которых не решаются годами. Налоговая система страны весьма далека от стабильности, а в определенной мере, и от предсказуемости.

Несмотря на то, что налоговая реформа идет уже почти десять лет, она все еще далека от завершения. Основная причина этой ситуации видится в отсутствии стратегии налоговых преобразований. Поправки в Налоговый кодекс вносятся ежегодно, причем, как правило, принципиального характера.

К настоящему времени вступившие в силу поправки почти ко всем главам ч. 2 Налогового кодекса существенно превысили объем первоначально принятого текста. До настоящего времени не решены многие принципиальные теоретические и практические вопросы налогообложения. В последние годы небезосновательно обострились споры между государством и бизнес-сообществом по вопросу о том, надо ли снижать дальше налоговую нагрузку, а если да, то по каким налогам и до какого предела. Нет полной ясности и в вопросе о налоговых путях стимулирования инновационной и инвестиционной деятельности.

В практике налогового стимулирования российских налогоплательщиков не прослеживается четко определенной системы. Налицо разрозненные мероприятия, которые не позволяют добиваться существенного изменения сложившегося положения в инновационном развитии

российской экономики. Не выработана стратегия налогообложения малого бизнеса, реформа которого также неизбежна. Налоговые отношения в стране серьезно осложняются недостаточной правовой проработанностью многих положений Налогового кодекса. Из-за этого решение отдельных проблем налоговых отношений переходит на уровень исполнительной и судебной власти.

Анализ эволюции системы налоговых отношений характеризует их тесную взаимозависимость с особенностями всего социально-экономического устройства общества на различных этапах его развития, что в условиях формирования и развития в современной России рыночных экономических отношений обуславливает необходимость дальнейшей разработки теоретических основ совершенствования российской системы налогообложения, без чего нельзя обеспечить и эффективную в этих условиях практику налогообложения.

Библиографический список

1. Маркс, К. Капитал / К. Маркс, Ф. Энгельс // Соч. 2-е изд. Т. 4. С. 308.

2. Пушкарева, В. М. История финансовой мысли и политики налогов : учеб. пособие / В. М. Пушкарева. М. : Финансы и статистика, 2007. С. 9.

3. Там же. С. 99.

4. Черняк, В. З. Популярная история экономики и бизнеса / В. З. Черняк. М. : Вече, 2002. С. 452.

5. Озеров, И. Х. Финансовая реформа в России: Откуда у нас государство берет деньги и на что их расходует / И. Х. Озеров. М. : Тип.-литогр. И. И. Пашкова, 1906. С. 5.

6. Тривус, А. А. Налоги как орудие экономической политики / А. А. Тривус ; предисл. И. М. Кулишера. Баку : Изд-во РИО АСПС, 1925. С. 49.

7. Там же. С. 11.

8. Тургенев, Н. И. Опыт теории налогов / Н. И. Тургенев. 3-изд. М. : Гос. соц.-эконом. изд-во, 1937. С. 147.

9. Соколов, А. А. Теория налогов / А. А. Соколов. М. : Финансовое изд-во НКФ СССР, 1928. С. 75.

10. Плотников, К. Н. Очерки истории бюджета советского государства / К. Н. Плотников. М. : Госфиниздат, 1954. С. 180.

11. Гензель, П. П. Система налогов Советской России / П. П. Гензель. М. ; Л. : Экономическая жизнь, 1924. С. 1.

12. Панов, Е. Г. История налоговых систем: опыт социально-философского анализа : моногр. М. : Финансовая академия при Правительстве РФ, 2006.

13. Пансков, В. Г. О некоторых проблемах формирования Российской налоговой системы / В. Г. Пансков // Финансы. 2007. № 3.

14. Чиненов, М. В. О Российской налоговой системе / М. В. Чиненов // Все о налогах. 2007. № 1.

15. Официальный сайт Партии «Единая Россия» [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.edinoros.ru. Загл. с экрана.

16. Перечень первоочередных мер, предпринимаемых Правительством [Электронный ресурс] // Официальный сайт Правительства РФ. Электрон. дан. Режим доступа : http://www.government.ru. Загл. с экрана.

17. Санникова, А. Экономику нужно насытить ликвидностью «снизу», и главное, что нужно для этого – аварийно снизить НДС / А. Санникова // НДС. Налог на добавленную стоимость. 2008. № 11.

V. A. Eremina

THE THEORY EVOLUTION OF THE TAX RELATIONS AT DIFFERENT STAGES OF SOCIALAND ECONOMIC STRUCTURE OF THE SOCIETY

The evolution and tax relations development at different stages of the social-economic structure of the society are being described: the formation of the main foreign and Russian tax theories as scientific conceptions. The development of the problem, solution ways of Russian science in the field of tax relations policy. The most important contradictions in the field of tax relations policy which are hardly inserted in the system of market relations while the development is proclaimed in the Russian Federation. The further development of tax relations is one of the ways out of the financial system in conditions of the modern crisis.

Keywords: tax relations, foreign tax theories, Russian tax theories, tax reform, world crisis.

УДК 338.242.4

О. С. Нагаева, Н. Я. Шапарев

СИСТЕМА ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЫРЬЕВОЙ ТЕРРИТОРИИ[1]

Рассматриваются основы перехода сырьевой территории на принципы устойчивого развития, анализируется действующая система специального налогообложения природоэксплуатирующего сектора с точки зрения создания условий для перехода территории на принципы устойчивого развития на примере Красноярского края, предлагается новый методический подход к реформированию системы природных налогов и платежей, отвечающий интересам устойчивого развития сырьевой территории.

Ключевые слова: устойчивое природопользование, платежи, Красноярский край.

Красноярский край обладает богатым природно-ресурсным потенциалом, но уровень жизни населения края, в особенности в тех его районах, где происходит освоение природно-ресурсного потенциала, остается на довольно низком уровне. В настоящее время на государственном уровне признана необходимость перехода к устойчивому развитию территории, обеспечивающему сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений [1]. Таким образом, основным критерием устойчивого развития территории должен выступать достойный уровень жизни как настоящих, так и будущих поколений.

Методический подход к обеспечению устойчивого развития сырьевой территории различается в зависимости от того, на использовании каких видов ресурсов (возобновимых или невозобновимых) базируется экономика территории.

В случае применения невозобновимых ресурсов, сущность перехода территории к устойчивому развитию заключается в соблюдении принципа замены невозобновимых ресурсов возобновимыми как основы развития экономики территории. При использовании возобновимых ресурсов, переход к устойчивому развитию предполагает поддержание запасов ресурсов на определенном уровне, при одновременном обеспечении необходимого уровня жизни населения территории. Это означает, что возобновимые ресурсы, особенно если они дефицитны, должны использоваться с темпом меньшим или равным темпу их возобновления, а эффективность, с которой используются невозобновимые ресурсы, должна быть результатом оптимизации заменяемости данных ресурсов возобновимыми.

Основным условием перехода сырьевой территории к устойчивому развитию и в том, и в другом случае является получение достаточного дохода от освоения ее природно-ресурсного потенциала. Таким образом, основу экономического механизма природопользования, нацеленного на создание условий для устойчивого развития территории, составляет система платежей за природные ресурсы, функциональные характеристики которой представлены в [2]. В настоящей статье методический подход к установлению системы платежей за природные ресурсы рассмотрен на примере минерально-сырьевых ресурсов в качестве невозобновимых и лесных древесных ресурсов в качестве возобновимых.

В современной системе налогообложения минерально-сырьевого комплекса действуют следующие виды специальных природных платежей: платежи за пользования недрами, включающие разовые платежи за пользование недрами при наступлении определенных событий, оговоренных в лицензии (бонусы); регулярные платежи за пользование недрами, взимаемые для предоставления пользователям недр прав на поиск, оценку и разведку месторождений (рентальс); плата за геологическую информацию о недрах; сбор за участие в конкурсе (аукционе) и сбор за выдачу лицензий; налог на добычу полезных ископаемых.

Анализ современной системы налогообложения минерально-сырьевого комплекса с точки зрения создания условий для устойчивого развития сырьевой территории выявил следующее:

1. Несовершенство механизма специальных ресурсных налогов не позволяет определить величину ренты, изымаемой с недропользователей. В результате, величина ресурсных платежей может оказаться как ниже, так и выше действительных рентных доходов. Каналы распределения природной ренты во многом остаются завуалированы, большая часть рентных доходов от освоения минерально-сырьевых ресурсов уходит за пределы ресурсного региона, в результате чего ресурсные регионы лишаются возможности создания финансового резерва устойчивости для своего дальнейшего развития после отработки месторождений.

2. Отсутствие в механизме налогообложения дифференциации в зависимости от горно-геологических, экономико-географических и институционально-экономических факторов разработки месторождения приводит к тому, что налоговая нагрузка на одну тонну добытого сырья одинакова и для недропользователей, работающих в хороших природных условиях, с легко извлекаемыми запасами и с низкой обводненностью, и для компаний, работающих в сложных условиях. По сути, современная

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Красноярского краевого фонда науки (код проекта 09-05-98016 _р_сибирь_а) и гранта Президента Российской Федерации для ведущих научных школ – НШ 3428.2006.9.

система налогообложения минерально-сырьевого комплекса вместо выравнивания условий хозяйствования недропользователей, наоборот, усиливает неравенство, обусловленное природными факторами. При этом в первую очередь с рынка вытесняются мелкие и средние компании, работающие, как правило, с труднодоступными и трудноизвлекаемыми запасами и имеющие более высокие издержки.

3. Современная система налогообложения не содержит стимулов для эффективного использования природных ресурсов. Отсутствие учета условий залегания полезных ископаемых, структуры запасов, местоположения месторождений, качественных характеристик добываемого сырья делает неэффективной добычу трудноизвлекаемых запасов.

4. Практически не выполняется стимулирующая функция специального налогообложения минерально-сырьевого сектора в проведении геолого-разведочных работ. С введением НДПИ были отменены отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы (ОВМСБ) и ликвидирован целевой бюджетный фонд на том основании, что в условиях рынка воспроизводство минерально-сырьевой базы является проблемой недропользователей. Однако представляется, что отмена ОВМСБ является преждевременной. Во-первых, отмена ОВМСБ значительно уменьшает роль государства, в том числе и органов власти сырьевых регионов, в регулировании функционирования минерально-сырьевого сектора в целом и процесса геологического изучения недр в частности. Во-вторых, ранее основная часть поступлений от ОВМСБ (до 70 %) оставалась у недропользователей и использовалась ими для выполнения территориальных программ геологического изучения недр. Сейчас же, в связи с отменой ОВМСБ, имеются серьезные опасения, что недропользователи резко сократят вложения средств в геолого-разведочные работы, тем более, что в налоге на прибыль отменена льгота, согласно которой ранее можно было до 50 % прибыли направлять на капитальные вложения, включая геолого-разведочные работы. Так, по некоторым данным, объем геолого-разведочных работ сокращен в 2005 г. по сравнению с 2000 г. почти на 30 % [3].

5. Отсутствуют рычаги налогового регулирования недропользования на региональном уровне. Практически все элементы специальных природных налогов и платежей установлены федеральным законодательством. Помимо этого, вследствие недавних изменений налогового и бюджетного законодательства большая часть доходов от специального налогообложения минерально-сырьевого сектора сосредоточиваются в федеральном бюджете, таким образом, ресурсные регионы лишаются основного условия для перехода на принципы устойчивого развития.

Что касается платежей за пользование лесным фондом, то тут следует отметить следующее. Платежи за пользование лесным фондом взимаются в виде лесных податей или арендной платы. Лесные подати вносятся при краткосрочном пользовании участками лесного фонда, арендная плата – при аренде участков лесного фонда. Минимальные ставки лесных податей устанавливаются Правительством РФ и дифференцированы по основным и неосновным породам, по лесотаксовым районам (для основных пород) и лесотаксовым поясам (для неосновных пород), деловой и дровяной древесине (с делением древесины по размерам), а также в зависимости от расстояния вывозки (по лесотаксовым разрядам). Конкретные ставки устанавливаются федеральным органом исполнительной власти в области лесного хозяйства или органом исполнительной власти субъекта РФ в пределах их компетенции или определяются по результатам лесных аукционов. Размер арендной платы устанавливается договором аренды на основе ставок лесных податей. Органы исполнительной власти субъектов РФ также по предоставлению органов управления лесным хозяйством соответствующих субъектов РФ распределяют лесные ресурсы по лесотаксовым разрядам. Таким образом, региональные власти имеют возможность влиять на указанные бюджетные потоки. Однако ставки лесных податей устанавливаются на очень низком уровне. Так, несмотря на то, что Красноярский край обладает огромной расчетной лесосекой, поступления от платежей за пользование лесным фондом в бюджет края весьма незначительны и не покрывают минимальных затрат лесной службы для охраны лесов, лесовосстановления, борьбы с лесными пожарами и незаконной вырубкой леса. На охрану, защиту, восстановление лесного фонда Красноярского края и управление, по нашим оценкам, требуется ежегодно около 0,5 млрд руб. Платежи за пользование лесным фондом в бюджете края составляют не более 0,3 млрд руб.

Учитывая недостатки действующей системы специального налогообложения ресурсного сектора, а также значительную потенциальную роль платежей за природные ресурсы при создании условий для перехода сырьевой территории на принципы устойчивого развития, считаем целесообразным полностью реформировать систему природных налогов и платежей.

Представляется, что система налогообложения минерально-сырьевого комплекса в целях создания условий и предпосылок для устойчивого развития сырьевой территории должна удовлетворять следующим условиям:

– обеспечивать достаточные финансовые средства территории в период активного освоения невоспроизводимых природных ресурсов;

– обеспечивать адекватное изъятие рентных доходов;

– учитывать динамику разработки месторождений.

Особо следует отметить, что в настоящее время налоги и платежи за природные ресурсы не имеют целевого назначения. Вся их совокупность зачисляется в бюджеты соответствующего уровня и используется на финансирование расходных статей без целевой привязки. Единственный «природный налог», носящий целевой характер, – отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы – был отменен в результате изменений налогового законодательства в 2002 г. Безусловно, строгая целевая привязка всех налоговых платежей является нецелесообразной и труднореализуемой мерой в связи с разнообразием государственных расходов. Однако, как представляется, в отношении платежей за природные ресурсы должно действовать как раз обратное положение. Целевое использование природных налогов и платежей обусловлено принципами устойчивого развития и в первую

очередь принципом сохранения стоимости совокупного капитала региона. Основным механизмом реализации этого принципа в процессе экономического развития является надежная система реинвестирования доходов от использования природных ресурсов в возобновимый капитал как природный, так и другие виды капитала (финансовый, человеческий). Поскольку простое зачисление доходов от природных налогов в бюджетную систему не является гарантией использования их на цели устойчивого развития, необходимо, чтобы финансовые потоки, формирующиеся за счет экологических платежей и природноресурсных налогов, были связаны с финансовыми потоками, создающими резерв устойчивости в будущем.

В общем виде система налогообложения минерально-сырьевого комплекса и использования налогов, на наш взгляд, должна отвечать целям устойчивого развития и иметь следующий вид:

1. Платежи за пользование недрами. По сути, данный вид платежей представляет собой арендную плату. Поскольку в настоящее время недра в соответствии с законодательством являются государственной собственностью, то передача их в пользование должна осуществляться за плату. Размер данного платежа зависит, главным образом, от площади предоставляемого в пользование участка недр. При этом недропользователь обязан уплачивать данный платеж независимо от результатов его предпринимательской деятельности. Данные платежи должны идти на финансирование социальных программ.

2. Рентный платеж. В идеале данный платеж должен устанавливаться отдельно по каждому месторождению, изымать дифференциальную ренту, образуемую на лучших месторождениях, и использоваться для формирования фондов будущих поколений и диверсификации экономики сырьевой территории.

3. Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы. Данный платеж должен обеспечивать воспроизводство минерально-сырьевой базы в регионе.

4. Экологические налоги и сборы. Должны быть направлены на компенсацию ущерба, наносимого окружающей среде в результате осуществления добычи, и на развитие сетей особо охраняемых и резервных территорий. Сюда относятся различные налоги и платежи за выбросы в атмосферу, сбросы загрязняющих веществ в воду, размещение отходов и прочее вредное воздействие на окружающую среду. Поскольку основные последствия негативного воздействия на окружающую среду проявляются на территории непосредственного воздействия, большая часть поступлений по данным налогам и сборам должна оставаться в бюджетах региона и, преимущественно, в местных бюджетах и направляться на ликвидацию экологического ущерба, а также развитие сетей особо охраняемых и резервных территорий.

Поскольку природные ресурсы являются общественным достоянием, представляется совершенно справедливым, что доходы, получаемые государством от предоставления этого ресурса в пользование, должны использоваться прежде всего в интересах жителей ресурсного региона. Поэтому доходы, получаемые от платежей за пользование недрами, должны направляться на финансирование социальных программ региона.

Как уже указывалось выше, в настоящее время сложилась довольно трудная ситуация с воспроизводством минерально-сырьевой базы, поэтому имеет смысл возвратиться к отчислениям на воспроизводство минерально-сырьевой базы с целевым использованием данных средств на финансирование геолого-разведочных работ.

Рентные доходы в целях устойчивого развития сырьевой территории должны направляться на формирование фондов будущих поколений, а также на диверсификацию моноотраслевой экономики сырьевых добывающих территорий.

Экологические налоги и платежи призваны в первую очередь обеспечить ликвидацию экологического ущерба, причиняемого хозяйственной деятельностью природным ресурсам и экосистемам. Сегодня ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду установлены на чрезвычайно низком уровне, что в совокупности с отсутствием инвестиционных льгот по налогу на прибыль, слабым контролем со стороны компетентных органов за воздействием предприятия на окружающую среду отнюдь не способствуют осуществлению природоохранных инвестиций.

Учитывая недостатки действующей системы платежей за пользование лесными ресурсами, а также их возобновимый характер, представляется, что система специального налогообложения лесного сектора должна включать в себя следующие платежи:

1. Арендную плату, уплачиваемую собственнику лесного фонда за пользование лесными ресурсами. Арендная плата должна устанавливаться на минимально приемлемом уровне и взиматься в постоянной сумме в зависимости от площади лесного фонда. Использоваться данные поступления должны на финансирование социальных программ.

2. Платежи на возобновление лесного фонда, которые следует установить исходя из нормативных затрат на лесоустройство, возобновление, защиту и охрану лесных ресурсов.

3. Рентные платежи, направленные на изъятие дифференцированной лесной ренты на каждом отведенном под рубку участке, должны быть использованы на развитие лесоперерабатывающих производств, а также на развитие экологических видов природопользования (туризм, переработка дикоросов и т. д.).

4. Экологические платежи, носящие штрафной характер, должны уплачиваться в случае незаконного нанесения ущерба лесному фонду (загрязнение, уничтожение и т. д.) и обеспечивать полную компенсацию экологического ущерба, наносимого лесному фонду, и развитие сети особоохраняемых и резервных территорий.

Следует также отметить, что арендная плата и рентные платежи носят неналоговый характер, так как построение системы платности пользования лесным фондом исключительно в рамках законодательства о налогах и сборах не позволяет в должной мере обеспечить соответствующее изъятие ренты, поскольку законодательное закрепление порядка определения налоговой базы и объекта налогообложения не учитывает особенности каждого объекта лесопользования, большое число рентообразующих факторов отдельного объекта лесопользования не

может быть заранее учтено механизмом установленного налога. В связи с этим конкретный размер рентных платежей должен определяться по конкретному отведенному в рубку участку лесного фонда и устанавливаться в соглашении между собственником и лесопользователем. Основой расчета лесной ренты должна стать технико-экономическая оценка проекта лесосеки. Рента должна устанавливаться при оформлении аренды и вноситься в договор аренды в виде абсолютной суммы в расчете на 1 м^3 заготовляемой древесины с ежегодным уточнением в зависимости от изменения рентообразующих факторов.

Платежи на воспроизводство лесного фонда в случае выполнения лесопользователем лесовосстановительных работ за свой счет следует сократить на величину фактически осуществленных затрат, но не выше нормативной стоимости работ.

Следует также отметить, что сегодня большая часть лесопользователей края находится в тяжелом финансовом положении, что обусловлено рядом причин объективного свойства: неразвитостью транспортной инфраструктуры, удаленностью от рынков сбыта, слабым развитием в районах лесозаготовок лесоперерабатывающих производств, монопсонией рынка сбыта. Поэтому повышение налогов на лесные ресурсы еще более ухудшит положение лесозаготовителей, что, в свою очередь, может не лучшим образом сказаться на социально-экономических показателей развития лесных районов края. Выходом из данной ситуации является изменение системы специального налогообложения лесного комплекса с одновременным уменьшением налоговой нагрузки на такие факторы производства, как труд и капитал. На положительность этого социально-экономического эффекта данных мер неоднократно указывалось в экономической литературе [4].

В то же время наибольшая часть экономического эффекта от использования древесины реализуется на стадии ее переработки. В связи с этим для повышения эффективности использования лесных ресурсов в целях устойчивого развития лесных районов края необходимо не только изменить систему налогообложения лесного сектора, но и развивать перерабатывающие производства, в том числе предприятия глубокой переработки древесины, использующие низкокачественное сырье. Может быть также рассмотрен вариант, предусматривающий взимание рентных платежей за древесные ресурсы не только с лесозаготовителя, но и с деревообрабатывающих предприятий, использующих древесное сырье.

На наш взгляд, данные направления использования доходов от лесных платежей отвечают интересам устойчивого развития сырьевой территории и позволяют создать условия для эффективного использования лесного фонда.

Таким образом, действующая система специального налогообложения природоэксплуатирующего сектора не стимулирует рациональное использование природных ресурсов и не позволяет создать условия и предпосылки для перехода сырьевой территории на принципы устойчивого развития. В связи с этим предлагается реформировать всю систему природных налогов и платежей с учетом особенностей используемых ресурсов и в интересах сырьевой территории. Также, на наш взгляд, является целесообразным целевое закрепление природных налогов и платежей для их использования по направлениям, способствующим созданию условий и предпосылок устойчивого развития сырьевой территории. При этом следует повториться, что наряду с изменением состава и структуры природных налогов требуется значительное увеличение их размера с одновременным сокращением налоговой нагрузки на такие факторы производства, как труд и капитал.

Библиографический список

1. Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию: указ Президента РФ от 01.04.1996. № 440. М., 1996.

2. Нагаева, О. С. Роль платежей за природные ресурсы в создании условий для устойчивого развития региона / О. С. Нагаева, Н. Я. Шапарев // Регионология. 2008. № 3. С. 227–235.

3. Орлов, В. П. Проблемы инвестиций в недропользовании / В. П. Орлов // Минеральные ресурсы России: экономика и управление. 2005. № 6. С. 4.

4. Львов, Д. С. Механизм налогозамещения как главное условие экономического роста (обеспечение ускоренного экономического роста России на основе эффективного использования ресурсной ренты) / Д. С. Львов, А. А. Гусев, О. Е. Медведева // Экономика природопользования. 2003. № 2. С. 2–20.

O. S. Nagaeva, N. Ya. Shaparev

THE SYSTEM OF PAYMENTS ON NATURAL RESOURCES FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RESOURCE TERRITORY

In this article the grounds of resource territory transition on principles of the stable development are considered. The present system of special taxation of the natural resource sector is analyzed from the point of view of conditions formation for the transition of the territory on the stable development principles from Krasnoyarsk territory example. The new methodical approach to reform the system of natural resource taxes satisfying interests of the stable development of resource territory is suggested.

Keywords: stable nature use, payments, Krasnoyarsk territory.

УДК 338. 45

Д. Г. Туровец, Г. Я. Белякова

ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены особенности формирования интегрированных структур в пищевой промышленности. Выявлены предпосылки и мотивы интеграции на внешнем и внутреннем рынках. Предложен методический подход к построению интегрированной структуры, привязанный к специфике отрасли пищевой промышленности.

Ключевые слова: пищевая промышленность, интегрированная структура, методический подход.

Осуществляемые преобразования в пищевой промышленности страны обусловливают использование передовых инструментов конкурентной борьбы. Стоит отметить, что слабая степень приспособляемости интегрированных структур, недостаточно высокая степень их эффективности в производственном процессе нацеливают современные предприятия на разработку новых методических подходов к построению организационно-ориентированных интегрированных структур.

В условиях укрупнения промышленных предприятий, ориентации их деятельности на наукоемкие и инновационные производства, формирование интегрированных структур в пищевой промышленности, а точнее, построение схем управления разного уровня служат одним из важных условий по обеспечению устойчивого развития предприятий пищевой промышленности. Следует отметить, что процесс формирования интегрированных структур в стране носит более затяжной характер, чем, например, на Западе.

Важно отметить, что в начале 1990-х гг. (период, когда отрасль пищевой промышленности, по сути, вступила на новый уровень развития) процесс производства, как отмечается в ряде исследований, перестал быть расширенным. В этот период в России насчитывалось свыше 337 интегрированных структур, в становлении и последующем развитии которых роль государственной поддержки была определяющей. Под воздействием ускоренной реорганизации и приватизации предприятий пищевой промышленности доминирующее влияние на хозяйственные процессы оказали дезинтеграционные процессы [1].

Необходимость создания самодостаточных интегрированных структур и объединений от производства сырья до выпуска конечного продукта и его последующей реализации в настоящее время обусловлена:

– сложившейся конъюнктурой рынка в сфере производства и переработки сельскохозяйственной продукции;

– неравномерным распределением прибыли в отрасли, получаемой за счет валового выпуска конечной продукции, проходящей все стадии технологической цепи производства;

– целесообразностью более эффективного взаимодействия предприятий друг с другом, связанных между собой единым производственным, технологическим и сбытовым циклами.

В настоящее время актуальной проблемой, по мнению руководителей предприятий пищевой промышленности, является нормативно-правовая база образования агропромышленных формирований, развитая в недостаточной степени. Предприятия слабо мотивированы к тому, чтобы объединять совместные усилия для достижения конечной цели (выпуск качественной конкурентоспособной отечественной продукции).

Накопленный опыт формирования интегрированных структур в пищевой промышленности России позволяет отметить следующие особенности их функционирования:

– современные интегрированные структуры сочетают принципы не только горизонтального и вертикального управления производством, но и включают ряд промежуточных звеньев;

– повсеместное распространение современных корпораций предпринимательского типа обусловлено необходимостью разработки общей генеральной стратегии развития и промышленного роста с целью устойчивого получения предпринимательского дохода;

– укрупнение транснациональных корпораций повышает их маневренность на внешнем и внутреннем рынках, обусловливая глобализацию их деятельности и формирование потенциала продовольственного рынка;

– внедрение агрохолдингов в пищевой промышленности обусловлено кардинальным пересмотром всей производственной и хозяйственной деятельности на новом уровне, позволяющей объединить банковский и промышленный капитал для создания эффективных видов производств;

– низкая степень развитости агропромышленных формирований обусловлена следующими обстоятельствами: износом техники, дефицитом квалифицированных кадров (особенно в сельской местности), низкой инвестиционной привлекательностью, отсутствием у предприятий собственных оборотных средств, соотношением величин кредиторской и дебиторской задолженности и др.

Эволюционное развитие интеграционных структур в процессе трансформации российской экономики проявилось действием принципов наследственности изменчивости, естественного отбора. Возникла потребность в координации совместных усилий и потенциалов в целях построения эффективных схем управления и деятельности. Надо отметить, что в основу классификации предпосылок интеграции в зависимости от факторов внешней среды (см. таблицу) вошли основные, наиболее часто встречающиеся мотивы объединения. Характеристики среды рассматривается вне зависимости от состояния экономики. Анализ, проведенный авторами, позволяет отметить, что к объединению предприятия «подталкивают» в преобладающей степени факторы внешней среды [2].

В 1999–2002 гг. появилась новая тенденция – переход от сравнительно аморфных образований типа конгломе-

Предпосылки и мотивы интеграции (в зависимости от факторов внешней среды) [3]

Характеристика внешней среды	Предпосылки и мотивы интеграции	Вид интеграции
Конъюнктура		
Наличие и рост конкуренции	Получение синергетического эффекта за счет роста рыночной мощи. Стремление к взаимодополняемости в области НИОКР	Горизонтальная
	Стремление получить стратегические преимущества в сбыте и снабжении	Вертикальная
	Возможность консолидировать инвестиционные ресурсы	Все
	Защита от конкуренции, увеличение доли рынка, снижение затрат на разработки, производство и продвижение	Горизонтальная
Колебания рыночной конъюнктуры	Возможность легко переключиться на выпуск пользующейся спросом продукции	Горизонтальная
Конкуренция по сырьевой базе	Закрепление сырьевых источников	Вертикальная
Увеличение спроса	Стремление завоевать большую долю рынка, надежды на текущие прибыли	Горизонтальная
Изменения, колебания спроса	Возможность проведения гибкой ассортиментной политики в соответствии с колебаниями и изменениями спроса	Комбинированная
Сближение принципиально разных секторов экономики	Диверсификация, возможность увеличить прибыль, расширение сегментов рынка	Вертикальная, диагональная
Риски	Снижение рисков нереализации продукции, недопоставки сырья и др.	Вертикальная, диагональная
Неопределенность внешней среды	Стремление обеспечить стабильность в условиях меняющихся рынков	Горизонтальная
Структура отраслей экономики, характеристика рынков		
Сильная концентрация производства и монополизация рынков	Реструктуризация промышленности	Все
Неконкурентоспо-собность отраслей, предприятий, депрессивное состояние отдельных секторов экономики	Стремление усилить рыночную мощь. Защитная реакция микроуровня	Все
Институциональная среда		
Рост трансакционных издержек	Снижение трансакционных издержек	Вертикальная
Трудность поиска партнеров и формирования стабильной и эффективной системы контрактов с поставщиками и посредниками. Монополизм поставщиков	Необходимость восстановления разрушенных связей и структурной перестройки производства. Надежда на согласованность действий при производственной кооперации. Стремление к стабильности связей. Стремление «привязать» поставщиков, потребителей, партнеров, возможность опосредованно воздействовать на партнеров. Защита от монополизма поставщиков. Потребность в управляющем воздействии организационных структур. Сокращение трансакционных издержек и других затрат	Вертикальная, диагональная
Экономические условия		
Инфляции, неплатежи, сокращение бюджетного финансирования	Возможность снизить потребность в оборотных средствах, перейти на внутренние взаиморасчеты	Все
Неблагоприятные условия ведения бизнеса, усложнение «правил игры»		
Наличие значительной налоговой нагрузки и (или) ее рост	Стремление снизить налоговую нагрузку	Все
Высокая стоимость вывода избыточных основных фондов	Комбинирование взаимодополняющих ресурсов, возможность использования избыточных фондов	Все

ратов к более однородным вертикально интегрированным структурам, имеющим четкие организационно-правовые границы. В наиболее явном виде этот процесс наблюдается в нефтяной и металлургических отраслях, отмечен он также в химической, пищевой промышленности, гражданском авиастроении, ряде секторов военно-промышленного комплекса (хотя здесь многолетние попытки создания, или, точнее, восстановления, вертикально интегрированных структур «сверху» не были успешными).

Стоит отметить, что целесообразность построения интегрированной структуры обусловлена необходимостью рассмотрения конкурентоспособности пищевой промышленности на новом уровне (рис. 1). Построение структуры, отвечающей требованиям системности и обеспечивающей достижение предприятиями эффекта от операционной деятельности, – основа для вывода предприятий из кризиса.

Методический подход к формированию интегрированной структуры, предлагаемый авторами, основан: а) на построении алгоритма, предполагающего выделение ведущих приоритетных направлений развития пищевой промышленности; б) выделении этапов, меропиятий, которые необходимо выполнить в комплексе (рис. 2).

Этап 1. Уяснение текущего состояния развития предприятий пищевой промышленности. На данном этапе предполагается провести сравнительный анализ важнейших экономических показателей для того, чтобы определить, каким потенциалом обладают анализируемые предприятия. За основу берутся данные статистики, финансовой и бухгалтерской отчетности, результаты маркетинговых исследований, опросы по различным направлениям деятельности предприятий.

Этап 2. Установление приоритетов развития. Проводимый анализ текущего состояния платежеспособности анализируемых организаций позволит выявить уязвимые места в деятельности предприятий пищевой промышленности. Необходимым и достаточным условием данного этапа является оценка основных сфер своей деятельности с использованием экспертного метода (привлечение авторитетных лиц для адекватной оценки целесообразности (нецелесообразности) развития своей деятельности в конкретном направлении).

Этап 3. Разработка интегрированной структуры в пищевой промышленности. На данном этапе предусматривается формирование системы управления пищевой промышленностью на принципах комплексности и системности. Интегрированная структура в пищевой промышленности – сложное образование, содержащее ряд основных, а также промежуточных звеньев. Особое внимание отводится управлению продуктовой цепочкой (диверсификация бизнеса, расширение ассортимен-

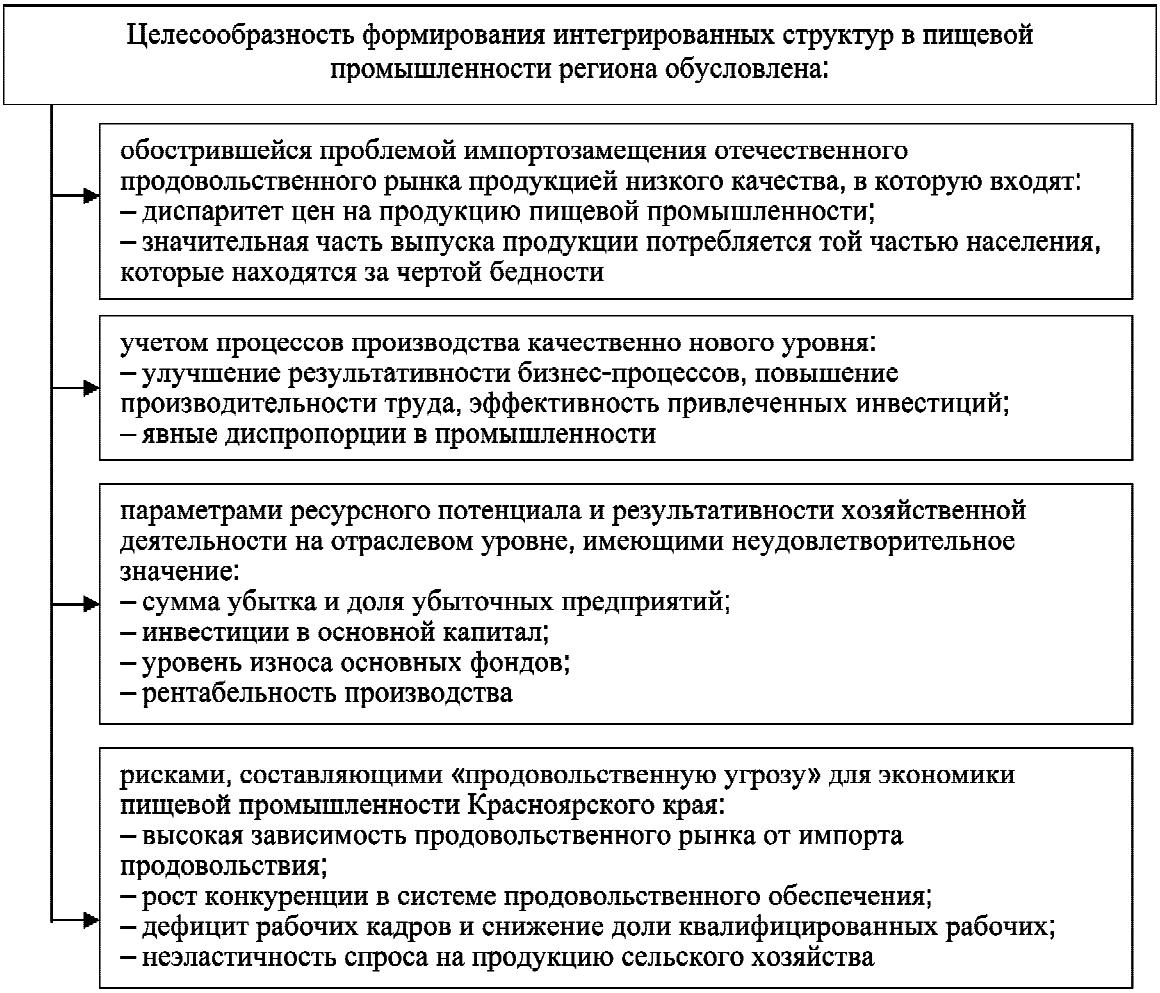


Рис. 1. Интегрированная структура в пищевой промышленности [2]

тного ряда, ориентация на потребителя, контроль качества, координация, установление обратной связи между пищевой промышленностью, с одной стороны, и АПК, сельским хозяйством, оптовыми и розничными сетями, местными органами власти на региональном уровне, с другой). В рамках данного этапа особое место отводится оценке дополнительных резервов в производстве. Речь идет о сопоставлении норм потребления, установленных Институтом питания в целом по стране, и фактическими значениями. Взаимосвязь, получаемая на основе проведенных расчетов и отображаемая графически, покажет тот объем ресурсов, которым располагают предприятия.

Этап 4. Обоснование целесообразности формирования интегрированной структуры в пищевой промышленности.

Проведенные исследования, с опорой на экономические показатели и материалы статистики, позволяют отметить, что внедрение интегрированной структуры в пищевой промышленности служит мощным инструментом повышения конкурентоспособности рассматриваемой отрасли. Тесная взаимосвязь предприятий между собой,

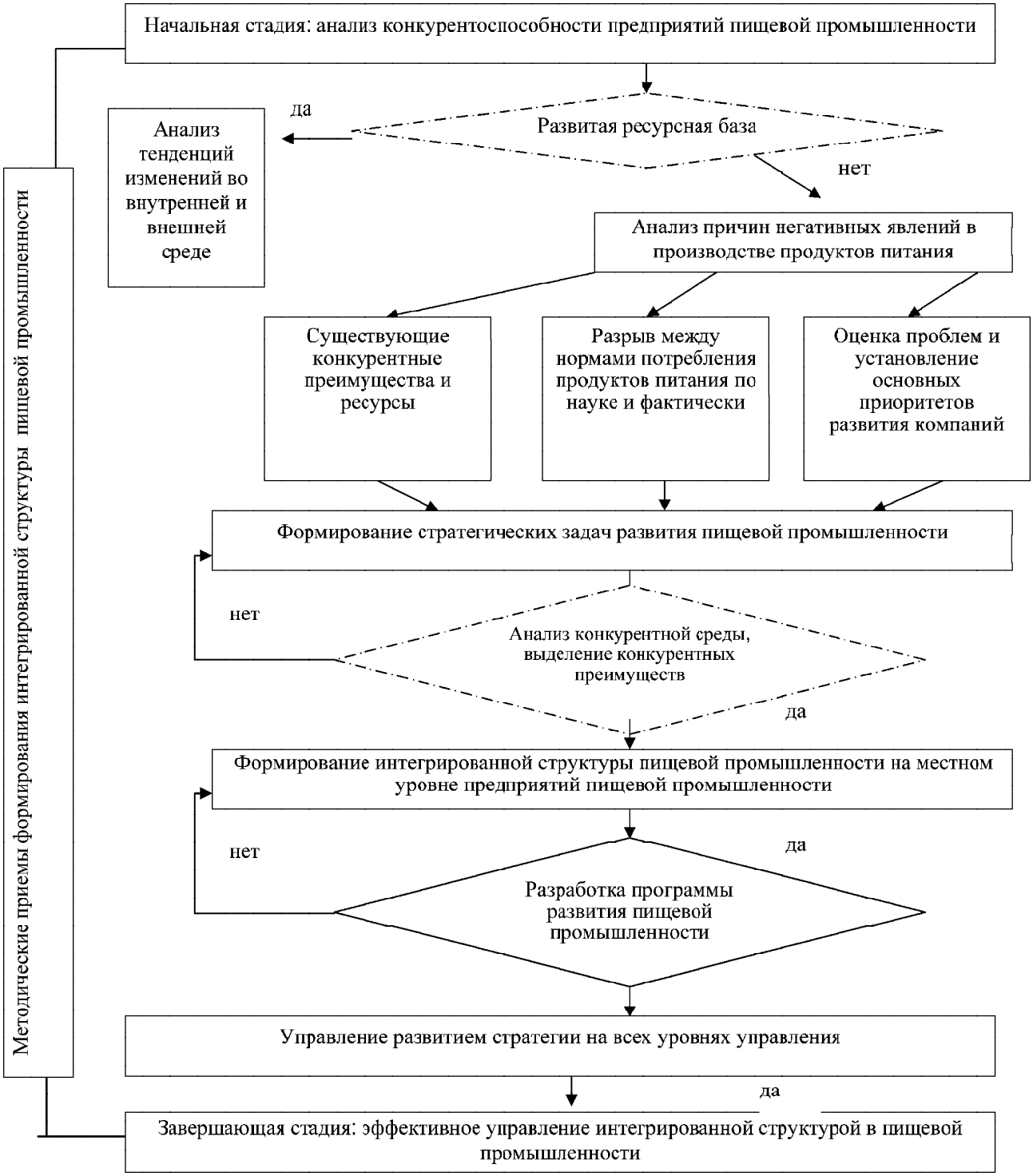


Рис. 2. Алгоритм формирования интегрированной структуры в пищевой промышленности

ориентация на глубокую переработку сырья, рациональное использование имеющихся ресурсов и мощностей, стремление производителей к производству качественного продукта и обеспечению вклада в выработку валового регионального продукта определили приоритеты стратегического развития, создали определенные предпосылки для формирования интегрированной структуры в регионе.

Результатом предложенного методического подхода являются конкретные мероприятия, использование которых в производстве в нынешних условиях хозяйствования служит объективной необходимостью для обеспечения доступа фермеров и сельхозпроизводителей к рынкам сбыта, привязанных к конкретной сырьевой базе (поиск эффективных партнеров, проявляющих интерес к переработке первичного сырья); повышения качества поставляемого на рынок продукта, сокращения числа простоев оборудования, снижения (в процентах) импортозамещения в пищевой промышленности за счет сотрудничества с местными поставщиками и предприятиями, технического совершенствования производства, создания новых рабочих мест (повышения квалификации рабочих); развития сопутствующих видов производств (ориентации на выпуск качественных продуктов питания для детей младшего возраста, разработки гибкой ценовой политики, предотвращения ценового сговора, эффективных систем коммуникаций производителей и потребителей); повсеместного внедрения технологии бережливого производства и других организационных мероприятий, нацеленных на совершенствование отрасли пищевой промышленности.

Мы считаем, что данные мероприятия носят рекомендательный характер, следовательно, могут быть скорректированы каждым предприятиям с учетом специфики своей деятельности. Построение интегрированной структуры пищевой промышленности предполагает обязательный учет всех видов деятельности (как профильных, так и дополняющих, второстепенных), всесторонний анализ состояния внешней и внутренней среды, сопровождаемый составлением стратегического плана развития, тщательным мониторингом и оценкой полученных результатов.

Таким образом, прослеживается тенденция к использованию интегрированных структур в пищевой промышленности, которая пережила затяжной период стагнации в экономике; мотивы интеграции, как показало исследование, разнообразны. В зависимости от характеристики внешней среды (конъюнктуры, структуры отраслей экономики, институциональной среды, экономических условий) предпосылками интеграции могут быть: а) стремление получить стратегические преимущества в сбыте и снабжении; б) диверсификация, возможность увеличить прибыль, расширение сегментов рынка; в) стремление усилить рыночную мощь и прочие организационные мероприятия. Методический подход, предполагающий формирование интегрированных структур в пищевой промышленности, имеет несколько этапов и отдельных решений.

Особое внимание было уделено конкретным мероприятиям, призванным повысить эффективность производственной и сбытовой деятельности в результате предложенной интегрированной структуры в пищевой промышленности на практике.

Библиографический список

1. Гумеров, Р. Р. Вопросы развития интегрированных корпоративных структур в агропромышленном комплексе / Р. Р. Гумеров // Российский экономический журнал. 2002. № 5–6. С. 24–25.

2. Ананьев, М. А. Формирование интегрированных хозяйственных структур продуктового типа / М. А. Ананьев // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 1. С. 85–94.

3. Антонов, Г. Д. Предпосылки интеграции и эволюция интеграционных структур в России / Г. Д. Антонов // Менеджмент в России и за рубежом. 2001. № 5. С. 45–51.

D. G. Turovets, G. Ya. Belyakova

FORMATION OF INTEGRATON STRUCTURE IN FOOD INDUSTRY

Peculiarities the integrating structures formation in food industry are researched. Preconditions and motives of integration in external and internal market are exposed. The methodical approach for making the integration structure is offered.

Keywords: food industry, integration structure, methodical approach.

УДК 658.5

В. В. Прохоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПУБЛИЧНОГО ЗАЕМНОГО КАПИТАЛА ДЛЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрены проблемы, связанные с прогнозированием на предприятии показателей публичного заемного капитала. Выявлены ключевые показатели публичного заемного капитала, которым необходимо уделять особое внимание при их прогнозировании. Проведен обзор основных методов прогнозирования показателей публичного заемного капитала.

Ключевые слова: методы прогнозирования, публичный заемный капитал.

К показателям публичного заемного капитала, прогнозирование которых рассматривается в данной работе, относятся объем заимствования, процентный доход и период его выплаты, а также срок привлечения капитала. При этом к публичной категории автор относит выпуски облигационных займов, размещаемых предприятиями на биржевых площадках среди неограниченного круга лиц. Другая категория, а именно частные корпоративные облигационные заимствования, то есть те, которые размещаются на внебиржевых рынках среди ограниченного круга лиц, в данной статье не рассматривалась. Причина в том, что частные облигационные займы относятся к категории нерыночных заимствований и условия их размещения определяются предварительными договоренностями между кредиторами и заемщиком.

Переход Российской Федерации на инновационный путь развития требует кардинального реформирования отечественной промышленности, а именно перевода ее на выпуск конкурентоспособной продукции, что невозможно без использования новых технологий и оборудования. В то же время, согласно данным Федеральной службы государственной статистики РФ, в 2007 г. на предприятиях, добывающих полезные ископаемые, степень износа основных фондов достигла уровня 53,3 %, на предприятиях обрабатывающих производств – 46,8 %, на предприятиях отраслей производства и распределения электроэнергии, газа и воды – 51,4 %.

Кардинальное обновление основных фондов потребует от предприятия привлечения значительных объемов инвестиционных ресурсов из самых различных источников. Одним из таких источников могут стать заемные средства, в частности, облигационные заимствования. Они в отличие от собственных внутренних и внешних источников позволяют не только финансировать проекты любого масштаба без опасности потери собственником контроля над предприятием, но и покрывать кассовые разрывы и проводить реструктуризацию обязательств организации.

За последние годы облигационный механизм финансирования приобрел определенную популярность, особенно в части публичных заимствований. В 2005 г. такие заимствования сделали 59 предприятий, выпустившие 69 займов на общую сумму в 193 147 550 тыс. руб. В 2006 г. количество предприятий выросло до 219, а число займов до 241 с общей номинальной суммой 464 848 000 тыс. руб. В 2007 г. наступила некоторая стабилизация на облигационном сегменте финансового рынка. Тогда 210 предприятий выпустили 186 займов на общую сумму в 585 645 902 тыс. руб. В 2008 г. в связи с наступлением кризисных тенденций в финансовой сфере на облигационном рынке наблюдался спад, тогда только 59 предприятий выпустило 76 эмиссий на общую сумму 300 661 520 тыс. руб. (см. http://www.cbonds.info/ru/rus/).

Несмотря на относительный текущий спад отечественного облигационного рынка, в планах Правительства РФ данный механизм заимствования занимает особое место. Так, Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. (утверждена 17 нояб. 2008 г. распоряжением Правительства РФ № 1662-р) предполагает значительное увеличение доли облигационного финансирования. Если в 2007 г. стоимость российских облигаций в обращении в процентах к ВВП составила 3,8 %, то к 2020 г. данный показатель планируется увеличить до 22...25 %. И это при условии, что ВВП к 2020 г. должен вырасти в 1,8...2,3 раза.

При массовом использовании на предприятиях облигационного заимствования возникает проблема, связанная с прогнозированием того, на каких условиях оно может быть привлечено. В первую очередь это касается прогнозирования четырех основных показателей, а именно возможного объема, стоимости, периода выплаты дохода и того срока, на какой он может быть привлечен. И это для российских предприятий актуально уже сегодня. Причина здесь в том, что в настоящее время длительность процесса от начала принятия решения о выпуске облигационного займа до его реального размещения порой достигает полутора-двух лет. За этот период условия заимствования могут в значительной степени измениться, и не всегда в лучшую сторону. Поэтому важность прогнозирования показателей облигационного займа будет только возрастать.

Автором статьи были проанализированы облигационные заимствования российских предприятий в период 2005–2007 гг. шести отраслей промышленности, в том числе машиностроения, пищевой промышленности, связи и телекоммуникаций, черной металлургии, электроэнергетики и транспорта. В процессе анализа было выявлено, что на отечественном облигационном рынке присутствуют две группы заемщиков, которые условно можно назвать прямыми заемщиками и квазизаемщиками.

В первую группу входят предприятия, которые привлекали заемный капитал непосредственно для своих

нужд. Предприятия второй группы являются, по сути, посредниками между кредиторами и непосредственными пользователями привлекаемого капитала. Они, как правило, создаются в двух вариантах: или в рамках какого-либо холдинга, для финансирования деятельности всех или части предприятий, входящих в его состав, или в качестве дочерней структуры какого-либо предприятия, для финансирования инвестиционной деятельности материнской структуры.

В количественном выражении квазизаемщики в разных отраслях занимают значительное место. Например, в 2007 г. в машиностроительной отрасли на них приходилось 20 % всех эмиссий облигаций, в пищевой промышленности – 18 %, на предприятиях связи и телекоммуникаций – 14 %, в черной металлургии – 33 %, в энергетике – 12,5 % и транспорте – 50 %.

По своим кредитным качествам обе группы заемщиков принципиально отличаются. Предприятия первой группы по своей организационно-правовой форме являются, за редким исключением, открытыми или закрытыми акционерными обществами. Предприятия второй группы – это общества с ограниченной ответственностью. Если предприятия первой группы имеют, как правило, значительные активы и ведут операционную деятельность, а значит, имеют и выручку, то предприятия второй группы имеют минимальные активы, которые порой не превышают 10 тыс. руб., а выручка у преобладающей части вообще отсутствует. Все это позволяет сделать вывод о том, что если в первую группу могут входить предприятия как высокого, среднего, так и низкого кредитного качества, то во вторую группу – только предприятия низкого кредитного качества.

В целом, в экономической теории отсутствуют универсальные методы прогнозирования показателей заемного капитала, в том числе и облигационного. И это несмотря на то, что имеются методы, которые позволяют прогнозировать более одного показателя. Но они на практике могут использоваться в качестве вспомогательных, уточняющих методов.

При прогнозировании одного из четырех важных показателей облигационного займа, а именно объема заимствования, в российской практике используются несколько групп методов, каждая из которых имеет свои особенности. Первая группа является фактически нормативной. Согласно требованиям российского законодательства, объем выпуска облигационного займа предприятия, существующего менее трех лет, регулируется или размером уставного капитала или величиной обеспечения, предоставленного в этих целях обществу третьими лицами (залогом, гарантиями, поручительством). Эти требования перестают действовать и выпуск облигаций допускается не ранее третьего года существования общества и при условии надлежащего утверждения годовой бухгалтерской отчетности за два завершенных финансовых года. Вторая группа определяет объем заимствования на основе учета имущественного состояния хозяйствующего субъекта. Имущество предприятия фактически является гарантией возврата заемного капитала кредитору. Третья группа учитывает денежные потоки предприятия. Они, как и имущество, являются своего рода гарантией возврата заемного капитала. Четвертая группа представлена аналоговыми методами, которые используют мультипликаторы, учитывающие имущественное положение и денежные потоки двух предприятий: одного предприятия, которое планирует привлечь заемный капитал и второго, предприятия-аналога, которое уже привлекало заемный капитал. Здесь фактически на основе сопоставления рассчитывается объем заемного капитала. Пятая группа обосновывает объем облигационного займа на основании стоимости инвестиционного проекта, который планируется реализовать в рамках конкретного предприятия. Данное обоснование фактически является рекомендацией, ниже которой размер заемного капитала не должен опускаться. Шестая группа методов учитывает операционный и финансовый левередж. Их предельный размер и есть своего рода ограничение по выпуску облигационного займа.

Анализируя выпуски облигационных займов российских предприятий, являющихся прямыми заемщиками, на предмет использования ими тех или иных методов прогнозирования объема заимствования, был сделан следующий вывод. Наиболее часто используются методы, учитывающие имущественное состояние предприятия и его денежные потоки. Так, в 2007 г. в машиностроительной отрасли на методы прогнозирования, использующие учет имущественного состояния предприятия, приходилось до 50 % выпусков от общего количества, а на методы прогнозирования, учитывающие денежные потоки – 38 %, в пищевой промышленности данное соотношение составило соответственно 11 % и 45 %, на предприятиях связи и телекоммуникаций 29 % и 57 %, в черной металлургии 25 % и 75 %, в энергетике 50 % и 36 % и на транспорте 67 % и 33 %. В остальных случаях по рассматриваемым отраслям объем выпуска в основном определялся гарантиями третьих лиц. Если говорить о группе предприятий, относящихся к категории квазизаемщиков, то объем заимствования на 100 % определялся гарантиями третьих лиц.

На выбор того или иного метода прогнозирования объема облигационного займа влияет несколько факторов. Главным по значимости является временной фактор. Если предприятие существует менее трех лет, то объем облигационного займа определяется или размером уставного капитала, или величиной обеспечения, предоставленных обществу третьими лицами. Если предприятие существует более трех лет, то можно использовать уже все остальные группы методов прогнозирования. Вторым по значимости фактором является отраслевая принадлежность предприятия. В одних отраслях промышленности у предприятий высокий оборот капитала при незначительных активах. В других отраслях предприятия имеют значительные размеры внеоборотных активов. Поэтому для отраслей первой группы применяются методы, основанные на учете денежных потоков, а для отраслей второй группы – методы, основанные на учете имущественного состояния предприятия. Третьим фактором, влияющим на выбор методов прогнозирования, является фактическое финансово-хозяйственное состояние предприятия. С учетом его на предприятии кроме вышеперечисленных методов могут использоваться и методы, учитывающие операционный и финансовый

левередж. Четвертым фактором является учет текущего состояния финансового рынка. И здесь могут использоваться аналоговые методы.

Для прогнозирования второго показателя облигационного капитала, а именно процентной ставки, существует три основных подхода. Первый учитывает фактор риска и использует известное соотношение «риск-доходность», т. е. более рискованные активы должны быть более доходными и наоборот. Второй основан на анализе динамики рыночных процентных ставок. Третий использует принцип сопоставления или процентных ставок предприятий-аналогов, или процентной ставки привлекаемого капитала с внутренней нормой доходности инвестиционного проекта.

Все эти подходы базируются на ряде групп методов. Первая группа основана на учете рыночного риска, т. е. риска конкретной страны. К этой группе относятся методы, использующие модель CAPM (Capital Asset Pricing Model) и ее различные модификации. Вторая группа основана на учете специфического риска, т. е. риска конкретного предприятия. Часть методов данной группы использует в своих расчетах так называемую барьерную процентную ставку. Другая часть использует методы, основанные на учете публичных и расчетных кредитных рейтингов предприятий. Своего рода модификацией кредитных рейтингов являются и методы, учитывающие операционный и финансовый левередж. В третью группу входят методы, одновременно учитывающие рыночный и специфический риски. Данная группа неоднородна. Одна ее часть использует методы, основанные на многофакторной модели CAPM и ее модификациях, другая – на модели арбитражного ценообразования (АТР) и ее различных модификациях. Третья ее часть использует методы, основанные на экспертных многофакторных моделях. В четвертую группу входят методы, основанные на анализе рыночных процентных ставок и их динамики. В пятую группу входят аналоговые методы прогнозирования процентной ставки. Они, как и при определении объема облигационного капитала, используют мультипликаторы, учитывающие имущественное положение и денежные потоки предприятия-аналога и предприятия, планирующего выпуск. Своего рода модификацией данных методов является использование различного рода публичных рэнкингов, проводимых рейтинговыми или информационными агентствами. В шестую группу входит методы, основанные на том, что внутренняя норма доходности инвестиционного проекта является той процентной ставкой, выше которой процентная ставка по облигационному займу не должна повышаться.

Анализ процентных ставок облигационных займов шести рассматриваемых отраслей промышленности на предмет использования того или иного метода их прогнозирования позволил сделать следующий вывод. На практике отечественными предприятиями, несмотря на широкий спектр методов, в основном использовались три метода прогнозирования. Во-первых, метод, учитывающий отраслевую рыночную средневзвешенную процентную ставку. Во-вторых, метод, рассчитывающий кумулятивную барьерную процентную ставку. В-третьих, метод, использующий модель CAPM. Другие методы прогнозирования процентной ставки использовались предприятиями в качестве вспомогательных, или уточняющих методов.

Так, в 2007 г. прямые заемщики в машиностроительной отрасли в 70 % облигационных выпусков использовали метод прогнозирования, рассчитывающий отраслевую рыночную средневзвешенную процентную ставку. В 20 % выпусков использовался метод прогнозирования, рассчитывающий кумулятивную барьерную ставку. И в 10 % выпусков применялся метод прогнозирования, использующий модель CAPM. На предприятиях пищевой промышленности это соотношение составило 75 %, 14 % и 11 %, на предприятиях связи и телекоммуникаций – 10 %, 15 % и 75 %, на предприятиях черной металлургии – 65 %, 25 % и 10 %, на предприятиях электроэнергетики – 80 %, 12 % и 8 %, на предприятиях транспортной отрасли – 30 %, 60 % и 10 %.

Если говорить о предприятиях, относящихся к категории квазизаемщиков, то статистика говорит о том, что во всех рассматриваемых отраслях промышленности они использовали только метод прогнозирования, рассчитывающий отраслевую рыночную средневзвешенную процентную ставку. И здесь необходимо сделать определенное уточнение. На стабильном финансовом рынке при некотором избытке на нем денежных средств и отсутствии технических дефолтов, данный метод можно использовать. Но при нестабильном финансовом рынке его применение является сомнительным, риски по этим предприятиям слишком большие.

При более подробном анализе был выявлен ряд факторов, влияющих на выбор того или иного метода прогнозирования процентной ставки по облигационному займу.

Первый фактор – это фактор масштаба хозяйственной деятельности предприятия. Крупные федеральные предприятия, имеющие возможность привлекать капитал из-за рубежа при прогнозировании процентной ставки, учитывают в основном рыночный риск. Региональные предприятия имеют возможность привлекать капитал только на внутреннем финансовом рынке, поэтому они учитывают в основном специфический риск. Использование таких методов, как кредитные рейтинги, в Российской Федерации пока неэффективно по ряду причин. Главной среди них является то, что сами рейтинги и их поддержание возможны только на платной основе. Поэтому количество предприятий, у которых имеются рейтинги, незначительно. Например, у одного из ведущих отечественных рейтинговых агентств – Национального рейтингового агентства на 1 декабря 2007 г. имелись рейтинги по 161 организации, 57 из которых были финансовыми структурами (см. http://www.ra-national.ru/).

Вторым фактором, влияющим на выбор метода прогнозирования, является фактор, характеризующий текущее состояние национального финансового рынка. При дефиците свободных денежных средств на финансовом рынке методы прогнозирования процентной ставки, основанные на расчете рыночных средневзвешенных процентных ставок и их динамики, становятся актуальными для всех групп предприятий.

Для прогнозирования третьего показателя облигационного капитала, а именно периода выплаты дохода, мо-

жет использоваться в целом только одна группа методов. Она основана на принципе сопоставления денежных потоков самого предприятия или реализуемого им инвестиционного проекта, с периодом выплаты дохода по облигационному займу. Для оценки использования данных методов на практике был проведен анализ инвестиционных деклараций и проспектов ценных бумаг облигационных займов предприятий за 2007 г. Анализ показал, что корпоративные облигационные займы в машиностроительной отрасли в 80 % случаев использовались для финансирования операционной деятельности и в 20 % случаев – для финансирования инвестиционной деятельности. В пищевой промышленности это соотношение составило 75 % и 25 %, на предприятиях связи и телекоммуникаций – 55 % и 45 %, в черной металлургии – 60 % и 40 %, в электроэнергетике – 30 % и 70 %, на предприятиях транспортной отрасли – 35 % и 65 %.

При исследовании статистических данных, связанных с периодом выплаты процентного дохода по корпоративным облигационным займам, был сделан вывод о том, что методы, основанные на принципе сопоставления, если и используются, то только во вспомогательных целях. На практике данный показатель выбирался предприятиями исходя из двух стандартных вариантов. Доходы выплачивались или раз в полгода, или раз в квартал. Например, в 2007 г. в отраслях машиностроения, черной металлургии и транспорта для предприятий, относящихся к категориям прямых заемщиков и квазизаемщиков, в 100 % случаев выплаты проводили раз в полгода. В электроэнергетической отрасли на данный период выплат дохода соответственно категориям заемщиков приходится 100 % и 50 %, в отрасли связи и телекоммуникаций 86 % и 100 %, в пищевой промышленности 67 % и 50 %.

Необходимо отметить, что нормативными документами период выплаты дохода по облигациям не регулируется. Поэтому вполне возможно, что в российской практике будут в будущем встречаться и другие периоды выплаты дохода. При этом, анализируя бухгалтерскую отчетность заемщиков и состояние отечественного финансового рынка на момент размещения займа, автором был сделан еще один вывод о том, что выбор периода выплаты дохода напрямую не зависит ни от качества заемщика, ни от состояния финансового рынка. Практика показывает, что в одной отрасли в пределах одного квартала при одинаковом состоянии финансового рынка заемщик более высокого кредитного качества по своим публичным заимствованиям выплачивает доход ежеквартально, а заемщик более низкого кредитного качества – раз в полгода. Таким образом, можно сказать, что выбор периода выплаты дохода на предприятии порой в значительной степени зависит не от объективных, а от субъективных факторов. Одним из объяснений такого выбора может быть только то, что на уровне предприятия практически не отслеживают выпуски облигационных займов предприятий своей отрасли. А это значит, что не проводится корректировки данного показателя в процессе планирования заимствования.

Для прогнозирования четвертого показателя облигационного капитала, а именно периода его обращения, может использоваться группа методов, основанная на принципе сопоставления. Сопоставление периода обращения облигационного займа проводится или с жизненным циклом инвестиционного проекта, или с периодом возможного аккумулирования необходимых денежных средств для погашения займа.

При анализе облигационных займов с точки зрения периода их обращения также видна определенная стандартизация. Все выпуски по срокам, как правило, были кратны году. Так, предприятиями анализируемых отраслей они привлекались на срок 1,5; 2; 3; 4 года, а также на 5; 6; 7; 8; 10 лет. При этом наиболее часто встречаются облигационные займы со сроком обращения от 3 до 5 лет. В 2007 г. у прямых заемщиков именно на эти сроки обращения приходилось до 70 % всех выпусков по анализируемым отраслям промышленности, а у квазизаемщиков – до 84 % всех выпусков.

На основе проведенного анализа был сделан вывод о том, что методы, основанные на принципе сопоставления периода обращения облигационного займа с периодом возможного аккумулирования необходимых денежных средств для его погашения, используются только во вспомогательных целях. Это в целом подтверждает статистика по стандартизации периодов обращения. В свою очередь, методы, основанные на принципе сопоставления периода обращения облигационного займа с жизненным циклом проекта, используются как основные, но с определенным временным лагом. Этот временной лаг, как правило, увеличивает срок обращения облигационного займа до какой-то стандартной величины, кратной году.

В целом, на срок обращения облигационного займа влияет ряд факторов.

Первый фактор – кредитное качество заемщика. Это в первую очередь влияет на максимальный срок обращения облигационного займа. Для предприятия низкого и среднего кредитного качества срок заимствования не превышает максимального срока, сложившегося по облигационным займам в отрасли. Для предприятия высокого кредитного качества эти сроки определяются его конкретными потребностями и могут быть выше, чем те, которые сложились в отрасли.

Вторым фактором является цель, для достижения которой используют привлеченные денежные средства. Если за счет облигационного займа идет финансирование инвестиционного проекта, то данный срок может определяться в пределе периода жизненного цикла проекта. Если идет финансирование кассового разрыва или реструктуризации задолженности, то период обращения облигационного займа зависит от тех задач, которые необходимо решить в операционной деятельности предприятия.

Третьим фактором является сам финансовый рынок и его динамика. При стабильном растущем финансовом рынке присутствуют тенденции по смещению не только максимальных, но и других сроков в сторону их увеличения. При нестабильном падающем рынке тенденции обратные: сроки привлечения начинают сокращаться.

При подведении итога исследования автором был сделан основной вывод о том, что на уровне предприятия наиболее необходимым и трудоемким является прогнозирование только двух основных показателей облигационного капитала, а именно его объема и стоимости. Остальные два показателя, период выплаты дохода и срок

обращения облигационного займа, с точки зрения прогнозирования более просты, не требуют каких-то сложных расчетов и их можно прогнозировать на основе статистических отраслевых данных.

Автором предлагается целевая типовая классификация методов прогнозирования показателей публичного заемного облигационного капитала (см. таблицу).

Данная классификация позволяет на уровне предприятия с учетом различных факторов выбрать наиболее оптимальные и эффективные методы прогнозирования как объема заимствования, так и его процентной ставки. Все это в целом в значительной степени упрощает прогнозирование, а значит, снижает издержки при привлечении публичного заемного капитала.

Целевая типовая классификация методов прогнозирования показателей публичного заемного облигационного капитала

№ п/п	Типовые базовые группы	Метод прогнозирования показателей заемного капитала типовых базовых групп	Прогнозируемые показатели заемного капитала
1	Нормативные методы	Метод расчета на основе размера уставного фонда общества	Объем
		Метод расчета на основе величины обеспечения, предоставленного в этих целях обществу третьими лицами	Объем
2	Методы, основанные на учете фактора риска	Методы, основанные на однофакторной модели CAPM и ее модификациях	Стоимость
		Методы, основанные на многофакторной модели CAPM и ее модификациях	Стоимость
		Методы, основанные на модели арбитражного ценообразования (APT) и ее модификациях	Стоимость
		Методы, основанные на экспертных многофакторных моделях	Стоимость
		Методы, основанные на расчете барьерной ставки и ее модификациях	Стоимость
		Методы, основанные на публичных и расчетных кредитных рейтингах	Стоимость
		Методы, основанные на рэнкингах	Стоимость
3	Методы, основанные на учете имущественного состояния хозяйствующего субъекта	Статистические бухгалтерские методы	Объем
		Методы, основанные на учете уровня показателя обеспеченности выплачиваемых процентов	Объем
4	Методы, основанные на учете денежных потоков хозяйствующего субъекта	Методы, учитывающие не дисконтированные денежные потоки	Объем
		Методы, учитывающие дисконтированные денежные потоки	Объем
5	Аналоговые методы	Методы, основанные на учете имущественного состояния хозяйствующего субъекта и предприятия-аналога	Объем, стоимость
		Методы, основанные на учете денежных потоков хозяйствующего субъекта и предприятия-аналога	Объем, стоимость
6	Методы, основанные на анализе макроэкономических статистических данных	Методы, основанные на расчете рыночной средневзвешенной процентной ставки	Стоимость
		Методы, основанные на использовании принципов технического анализа	Стоимость
		Метод расчета на основе теории экономических циклов	Стоимость
7	Методы, основанные на сопоставлении условий заимствования и инвестирования	Метод на основе сопоставления показателей заемного капитала и показателей эффективности инвестиционного проекта	Объем, стоимость срок привлечения, период выплаты дохода
		Метод на основе сопоставления показателей заемного капитала при условии финансирования кассового разрыва	Объем, стоимость срок привлечения, период выплаты дохода
		Метод на основе сопоставления показателей заемного капитала при условии реструктуризации обязательств предприятия	Объем, стоимость срок привлечения, период выплаты дохода
8	Методы, основанные на учете уровня показателя обеспеченности выплачиваемых процентов	Метод на основе учета финансового левереджа	Объем, стоимость
		Метод на основе учета операционного левереджа	Объем, стоимость

V. V. Prokhorov

METHODICAL TOOLS AND FORECASTING OF PUBLIC BORROWED CAPITAL EVALUATION AND FORECASTING FOR INVESTMENT ACTIVITY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Problems connected with the indexes forecasting of the public borrowed capital at the enterprise have been reviewed. The key indexes of the public borrowed capital needed to be emphasized at the enterprise while forecasting have been developed. The overview of the basic forecasting methods of indexes of the public borrowed capital has been made.

Keywords: forecasting methods, public borrowed capital.

УДК 519.8

С. С. Замай

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ПЛАНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Хорошо зарекомендовавшие себя системные методы исследования биологических, социальных и экономических систем адаптируются и применяются для системного анализа и проектирования информационных систем регионального управления. Рассматриваются примеры теоретических построений и практических решений, используемых и предлагаемых для создания систем мониторинга и планирования регионального развития Красноярского края.

Ключевые слова: методология, системный анализ, региональное управление, информационные системы.

Цель настоящей работы – предложить методологию системного анализа и проектирования информационных систем мониторинга и планирования регионального развития. В качестве концептуальной платформы избрана теория функциональных (саморазвивающихся) систем П. К. Анохина, согласно которой основу поведения, определяет адаптивный (приспособительный) результат действий этих систем [1]. Закономерности формирования функциональных систем в обучении, индивидуальном развитии и эволюции рассматриваются с использованием теории (отдельная ветвь общей теории функциональных систем) системогенеза [2]. Развитие теории функциональных систем для исследования экономических систем национального масштаба и масштаба предприятия применяется в данном случае, поскольку она определяет методологические подходы к изучению институциональных механизмов государственного управления и регулирования [3]. Необходимость адекватного вызовам времени развития социальных институтов и инфокоммуникационной инфраструктуры саморегуляции деятельности субъектов экономики указывает на целесообразность использования вышеперечисленных методологических подходов для нужд системного анализа и проектирования информационных систем государственного управления, регулирования [3]. С этих позиций информационная система мониторинга и планирования регионального развития рассматривается как саморазвивающаяся человеко-машинная система, являющаяся неотъемлемой частью государственной системы управления целостным адаптивным поведением региона (субъект РФ), действующего в рамках государственной экономики России.

Одним из достоинств этого системного подхода является то, что проектирование комплекса интересующих информационных систем управления региональным развитием может быть разбито на отдельные этапы. При этом создание каждой подсистемы (или субсистемы) может решаться и последовательно, и параллельно, с принципиально предусмотренной возможностью последующей интеграции в единую информационную систему регионального управления (суперсистему). Основы системной унификации ее структурно-функциональных элементов закладываются с использованием понятий единой архитектоники функциональных систем [1]. Необходимость соорганизации деятельности субъектов государственного управления и субъектов экономики определяется практикой и (или) политикой и стимулирует интеграцию отдельных структурно-функциональных элементов в многоуровневую иерархическую архитектуру инфокоммуникации. Развитие информационного взаимодействия социальных субъектов стимулируется их стремлением к достижению как индивидуального, так и совокупного результата, при этом информационные потоки преимущественно обслуживают задачи мониторинга, планирования, контроля, управления. Тот факт, что наиболее значимыми из них являются параметры результата, уже нашел свое отражение в политике государственного управления РФ: в практику внедряется программно-целевой метод и принципы бюджетирования, ориентированного на результат.

Таким образом, в настоящих условиях преимущества подхода позволяют ставить задачи разработки информационных систем, генетически связанных с уже сформированной архитектурой регионального управления и деятельностью социальных субъектов экономики и хозяйства. В условиях очаговой информатизации деятельности органов государственной власти и местного самоуправления при удовлетворительном уровне развития соответствующих отраслевых систем основные приоритеты отдаются построению интегрированных информационных систем, обслуживающих межведомственные и общекраевые задачи. В качестве элементов их конструкции используются отдельные информационные системы, обслуживающие деятельность отдельных социальных субъектов регионального управления и экономики. В процессе создания интегрированных информационных систем, при условии сопоставимости их информационных ресурсов, естественным образом формируется распределенная информационная модель региона. Эффективность ее использования в задачах регионального развития зависит не только от ее полноты и качества, но и от средств оперативного доступа к ней субъектов управления и операциональных возможностей сервисов, обеспечивающих ее использование в функциональных задачах органов власти и управления. При построении информационных систем регионального масштаба используются базы, банки, хранилища данных, геоинформационные системы, Интернет-сайты и порталы, а также интегрирующие их в единое информационное пространство сети телекоммуникации и технические средства и регламенты информационного взаимодействия.

Сформированная таким образом распределенная информационная модель региона является основой знаний об объектах, ресурсах, процессах и субъектах регионального развития, которая представляет интерес для всех субъектов регионального развития, а не только для органов государственной власти и местного самоуправления. Это легитимная основа для создания информационных систем взаимодействия власти и общества, создающая предпосылки продвижения новых социальных технологий рамочного регулирования и информационной поддержки адаптивного поведения социальных субъектов, что особенно важно в динамичной ситуации масштабных институциональных кризисов текущего периода. Законы РФ дают возможность субъектам РФ использовать построенную на этих принципах инфокоммуникационную инфраструктуру для формирования институтов саморегуляции экономической деятельности субъектов регионального развития.

Методология системного и институционального анализа. Субъекты РФ и Красноярский край как субъекты государственной экономики во многом подобны государству, за некоторыми исключениями (оборона, международная политика, денежное обращение и др.), в данном случае не существенными. Региональное творчество в разработке механизмов управления бюджетом и регулирования экономики, конкуренция регионов за федеральные ресурсы развития, при активной роли государства, способствуют ускорению процесса отбора устойчивых форм институциональной самоорганизации, поддержанных практикой общественной жизни региона и способствующих росту регионального благосостояния и конкурентоспособности его экономики. Субъекты РФ самостоятельно осуществляют отраслевой и муниципальный мониторинг регионального хозяйства, планируют социально-экономическое и территориальное развитие, осуществляют управление бюджетной сферой, организуют взаимодействие бюджетов федерального, регионального и местного уровней для решения задач поддержания и развития инфраструктуры жизнеобеспечения, привлекают частные инвестиции в развитие производства основных средств регионального благополучия.

На уровне государства и регионов осуществляется заимствование западных и отечественных образцов теории и практики управления, которые адаптируются к задачам региональных органов власти. В условиях рыночных реформ в России вырос интерес к достижениям зарубежной теории экономического регулирования, при этом приоритеты закономерно, но не оправданно отданы монетаристскому направлению (рынок отрегулирует все) в ущерб альтернативному кейнсиантскому (государство регулирует макроэкономическое равновесие). Предложенная В. Д. Адриановым теория саморегуляции и функциональных экономических систем (ФЭС) не только снимает теоретические вопросы диалектического противоборства кейнсиантства и монетаризма, но и позволяет, основываясь на его положениях, перейти от научных исследований к проектированию и созданию механизмов экономической саморегуляции: «В современном рыночном хозяйстве именно государство превращается фактически в мозговой центр, который путем создания ФЭС на различных уровнях регулирует формирование рыночной среды и обеспечивает динамизм и устойчивость экономического развития» [3].

В. Д. Адрианов, опираясь на положения теории функциональных систем (ФС) организма, сформулированных академиком П. К. Анохиным еще в 1932 г., рассматривает ФЭС, которые подобны аппаратам физиологической саморегуляции и гомеостаза и обеспечивают на уровне государства поддержание динамического равновесия на макроэкономическом уровне и регулирование поведения субъектов конкурентной рыночной среды [3]. Для целей системного анализа и проектирования соответствующих институциональных механизмов и инфокоммуникационной инфраструктуры регионального уровня рассмотрим регион как функциональную саморазвивающуюся систему. В связи с этим перечислим существенные для практики системного анализа основные характеристики функциональных систем, установленные П. К. Анохиным:

1. Системообразующим фактором является положительный (приспособительный) результат деятельности системы и составляющих ее элементов.

2. Элементы функциональной системы сами являются функциональными системами (набор их функциональных возможностей П. К. Анохин называет степенями свободы, подчеркивая тот факт, что из их множества каждый элемент сам включает в общую деятельность те функции, которые обеспечивают совокупный результат).

3. Объединение отдельных элементов в функциональную систему происходит при достижении общезначимо-

го приспособительного результата, конкретным механизмом объединения является соорганизация. Соорганизация понимается как осуществление (поддержание внутренними ресурсами системы) тех ее функциональных возможностей (степеней свободы), которые обеспечивают в текущей ситуации общий успех (приспособительный результат). При этом локальный выигрыш конкретного элемента может быть отложен во времени или не связан с конкретной ситуацией, но, безусловно, связан с общими выигрышами и долгосрочными императивами как объемлющей, так и локальной системы.

4. Изолированных функциональных систем нет.

5. Все функциональные системы обладают следующими признаками:

– они гетерогенные (разнородные по составу, хотя могут быть и большие группы однотипных элементов);

– имеют границы (на границах идут процессы обмена информацией, энергией, веществом);

– имеют одинаковую (с точки зрения обработки информации) функциональную архитектонику (ее определил П. К. Анохин [1], а экспериментально подтвердили его многочисленные ученики и последователи).

6. Функциональные системы имеют многоуровневую иерархическую организацию.

7. Объединение субсистем в суперсистему осуществляется на основе включения положительного приспособительного результата субсистемы нижнего уровня иерархии в обеспечение приспособительных реакций (положительного результата) субсистемы верхнего уровня.

8. При развитии или разрушении систем определяющими являются системообразующие факторы и механизмы соорганизации.

В настоящей работе из всех возможных типов функциональных систем, обеспечивающих поддержание и развитие систем региональной экономики и жизнеобеспечения, для рассмотрения задач мониторинга институциональных преобразований выделим три типа ФЭС регионального уровня:

– систему регуляции и саморегуляции поведения социальных субъектов рыночной и редистрибутивной (государственной) экономики;

– поддержания и развития материально-технологической среды;

– поддержания базовых регионообразующих процессов.

Как и в работе [3], будем придерживаться точки зрения, что функциональные экономические системы возникают в процессе эволюции социальных институтов. Законы самоорганизации институциональной структуры России существенно отличаются от западных [4]. Согласно теории институциональных матриц, предложенной С. Г. Кирдиной [5], для России определяющим фактором саморазвития институциональных форм развития является коммунальный характер материально-технологической среды. Объективно, в физико-географических и природно-климатических условиях нашей страны и характерном уровне издержек, поведение социальных субъектов рыночной и редистрибутивной (государственной) экономики решающим образом зависит от уровня развития инфраструктуры производства и жизнеобеспечения, а также социальных и экономических технологий.

В этой связи основное внимание должно быть уделено исследованию региональных ФЭС поддержания и развития материально-технологической среды, соответствующих институтов планирования регионального развития, стратегического управления и регулирования деятельности субъектов регионального развития. При этом в соответствии с целями настоящей работы, из всех аспектов исследования и проектирования ФЭС будет выделен информационный. Это обусловлено не столько его важностью для конкретной ФЭС, сколько необходимостью построения систем мониторинга, снимающих данные с уже существующих систем информационных систем управления и регулирования. Это может быть достигнуто путем создания условий сопоставимости информационных ресурсов и совместимости информационных систем. Роль регионального правительства как системного интегратора в этом случае сводится к организации, стандартизации и координации процессов создания системообразующих информационных ресурсов, сервисов и соответствующих типовых программно-технологических решений.

С точки зрения П. К. Анохина, все функциональные (саморазвивающиеся) системы (будь то живой организм или социальный субъект) имеют универсальную операциональную архитектонику приема и обработки информации [1]. В функциональных системах, обеспечивающих приспособительное существование и саморазвитие живого, эта архитектоника устойчиво воспроизводится на самых различных элементах и каналах приема, преобразования, транспорта вещества, энергии и информации. В процессе приспособления или онтогенеза совершенствуется информационная модель структурно-функциональной организации элементов живой системы и механизмов информационного взаимодействия, обеспечивающих их соорганизацию для достижения необходимого результата (поведенческого или генетически предопределенного). При этом архитектоника функциональных систем животного, социального и экономического остается неизменной, суть ее сводится к следующему:

– к приему информации от внешних источников и ее сопоставлению с ранее накопленными прецедентами внешней ситуаций и собственного поведения (в аннотации П. К. Анохина соответствующий механизм операциональной архитектоники ФС называется аппаратом афферентного синтеза; афферентный (от лат. afferens – приносящий) означает несущий к органу или в него (например, афферентная артерия), передающий импульсы от рабочих органов (желез, мышц) к нервному центру, например, афферентные или центростремительные, нервные волокна);

– принятию решения, исходя из анализа внешней ситуации и собственных мотивов поведения (наименование механизма – аппарат принятия решения);

– программированию результатов будущих событий на основе памяти о прецедентах событий и ответной поведенческой реакции и знаний в отношении свойств внешних объектов, способных удовлетворить возникшую потребность, а также способов действия, направленных на достижение или избегание целевого объекта (наименование механизма – акцептор результата действия; ак-

цептор (от лат. acceptor – принимающий) означает принимающий сигналы);

– действию согласно программе по достижению планируемого (ожидаемого) результата (наименование механизма – исполнительные механизмы);

– сравнению запрограммированного результата с фактическим и корректировка программы действий вплоть до достижения или отказа от результата (наименование механизма – аппарат эфферентного синтеза; эфферентный (от лат. efferens – выносящий) означает выносящий, выводящий, передающий импульсы от нервных центров к рабочим органам, например, эфферентные, или центробежные, нервные волокна).

Следуя П. К. Анохину, В. Д. Адрианов по аналогии с функциональными системами, регулирующими метаболизм живых организмов, определяет и рассматривает функциональные экономические системы, регулирующие «экономический метаболизм», под которым, автор понимает обмен веществом, энергией и информацией в экономических системах [3]. Параметры равновесия, динамики и устойчивости системы возникают и корректируются в процессе развития и эволюции рыночной экономики и ее институтов. Эти параметры являются основными индикаторами информационных процессов регуляции гомеостаза экономических систем. По мере развития информационных технологий социальные субъекты экономики, пытаясь повысить свои конкурентные преимущества в борьбе за ресурсы жизнеобеспечения, не только совершенствуют инфокоммуникационную инфраструктуру регулирования экономического гомеостаза, но и придают ей свойства, необходимые для управления процессами экономического системогенеза. Последнее особенно важно для органов государственной власти, действующих в условиях институционального кризиса, который переживает Россия. Необходимое для выхода из этого кризиса институциональное строительство осложняется в текущих условиях кризисом международной финансово-кредитной системы, что расширяет спектр требований к мониторингу, анализу и проектированию системных и институциональных преобразований.

Мониторинг и планирование регионального развития. Проанализируем региональную систему мониторинга и планирования с позиций теории функциональных систем П. К. Анохина [1]. Исходя из личного опыта [6–8] и перспектив применения предлагаемого подхода в задачах региональной информатизации, конкретизируем развиваемые методологические подходы применительно к Красноярскому краю.

Необходимо выделить следующие источники данных для государственной системы мониторинга и планирования социально-экономического и территориального развития:

1) статистика:

– государственная (Красноярскстат);

– муниципальная статистика (Красноярскстат);

2) управленческий мониторинг:

– экономики (мониторинг реального и бюджетного секторов экономики, сбор показателей социально-экономического развития (СЭР) ведет Министерство экономики и регионального развития);

– финансов (показатели бюджетного процесса ведет Министерство финансов);

– природных ресурсов и экологии (Министерство природных ресурсов и лесного комплекса);

– территориального (градостроительного) развития (Министерство строительства и архитектуры);

3) другие виды отраслевого мониторинга министерств, входящих в состав Правительства Красноярского края.

Традиционная система регионального мониторинга в лучшем случае может поставлять следующую информацию:

– сигнальную, запускающую механизмы экстренного реагирования;

– обстановочную, запускающую механизмы активации в памяти прецедентов аналогов, определяющих предпусковую опережающую подготовку элементов системы к возможным сценариям действий;

– параметры результата, полученного системой, которые используются в механизмах контроля и корректировки программы действий.

В системе мониторинга могут присутствовать все три необходимые составляющие, и орган управления может принять вполне адекватные решения, а исполнительные органы системы выполнять соответствующее действия. Но может быть нарушен очень важный завершающий механизм всякой функциональной системы – оценка результатов действия. Нужно не только правильно выполнять инструкцию, важно вовремя остановиться на правильном результате или скорректировать программу действий в случае неудачи, сличая для этого параметры полученного результата с параметрами запланированного и внося соответствующие корректировки в программу действий, и что очень существенно, во всех элементах и на всех этажах многоуровневой иерархии социально-экономического организма субъекта РФ. Кроме того, на верхних этажах иерархии система регионального мониторинга должна уметь совместно, и зачастую одновременно, обрабатывать сведения различного функционального смысла, поступающие от сети территориально распределенных источников информации, имеющих различных владельцев и операторов из числа исполнительных органов государственного управления и местного самоуправления.

Таким образом, мы приходим к тому, что в замыкающей части восходящих сигнальных сетей регионального мониторинга должна находиться интегрирующая эти сведения информационная модель края. Такая модель опирается на питающие ее источники актуальных данных и должна быть дополнена:

– результатами социологических исследований поведения ключевых для изучаемой проблемы социальных субъектов из числа действующих на территории края;

– экспертными суждениями о явлениях и процессах, выходящих за пределы компетенции органов власти.

В нашем случае главный методологический смысл системного подхода состоит в том, что любая деталь проектируемой информационной системы должна быть вписана в какой-то из узловых механизмов внутренней архитектоники изучаемой и (или) автоматизируемой соци-

альной, экономической или управленческой системы. Конструктивная роль управленческого мониторинга регионального развития выявляется благодаря его положению в том или ином качественно своеобразном механизме внутренней архитектоники функциональной системы «субъект РФ». Как и в функциональных системах животного мира, проектируемая информационная система мониторинга должна быть многоцелевой, поставлять сведения и для поддержания гомеостаза, оперативного управления, и для планирования. Она должна не просто обслуживать деятельность органов власти, но и служить составной частью институциональных механизмов саморегуляции края как целостного социального субъекта. Кроме этого она должна в части взаимодействия с внешним миром обеспечивать информационную поддержку конкурентных преимуществ социальных субъектов регионов в борьбе за внешние ресурсы развития и обслуживать обменные процессы их соорганизации для интеграции в суперсистемы, например, государство.

Поэтому сведения системы мониторинга и планирования должны быть интегрированы в информационную модель Красноярского края, адекватную его структурно-функциональной организации как субъекта РФ и самостоятельного субъекта экономики в системе экономики России и мира. При этом совершенно очевидно, что такая модель никогда не может быть завершена, ее все время придется дополнять знаниями экспертных групп. В сущности, это человеко-машинная система, в которой техническая часть (базы данных и знаний) играет роль долгосрочной памяти о прецедентах и поставляет сигнальную информацию. Экспертные группы придают ей дополнительное свойство, присущее всем функциональным саморазвивающимся системам, которое выдающийся российский нейрофизиолог академик П. К. Анохин называл аппаратом афферентного синтеза: «Система даже очень простой иерархии сама, на основе своих внутренних процессов, принимает решение о том, какой результат нужен в данный момент ее приспособительной деятельности. Вопрос этот решается именно в стадии афферентного синтеза» [1].

Информационно-аналитическое обеспечение задач мониторинга и планирования регионального развития, требующих специальных знаний или выходящих за пределы компетенции органов исполнительной власти края, осуществляется с привлечением интеллектуального потенциала экспертного сообщества академической, вузовской, прикладной науки и консалтинговых предприятий, обслуживающих бизнес. Информационные ресурсы, предоставляемые этим структурам органами исполнительной власти, целесообразно поставлять из централизованного хранилища данных (ЦХД) и банка пространственных данных (БПД) Единой краевой информационной системы [7; 8]. Их создание начато в рамках краевой целевой программы «Информатизация Красноярского края на 2004–2006 гг.», а их информационные ресурсы формируются по мере создания сервисов информационно-аналитического обеспечения органов власти и управления в задачах межведомственного и общекраевого значения. В условиях единой краевой политики стандартизации региональной инфокоммуникационной структуры управления (регулирования), использование этих легитимных государственных информационных ресурсов позволяет обеспечить унификацию и исходных данных, и результатов их аналитической обработки при сохранении множества возможных участников, методов и вариантов решений. Это стимулирует создание новых институциональных механизмов саморегуляции деятельности субъектов регионального развития, в частности, научно-исследовательских информационно-аналитических центров. Их информационные ресурсы и сервисы могут существенно дополнить информационную модель края, используемую в органах власти, и по содержанию, и по функциям. Их создание целесообразно связывать с актуальными, долгосрочными и интеллектуально емкими задачами комплексного и стратегического планирования, поскольку они требуют новых механизмов и технологий соорганизации деятельности субъектов регионального развития, а власти заинтересованы в их институализации [9].

Масштабные планы территориального, индустриального и инновационного развития края стимулируют участие прикладной, вузовской и академической науки в создании баз знаний, банков вычислительных моделей и информационно-аналитических порталов поддержки коллективной работы экспертного сообщества, формируемого из числа заказчиков и постановщиков задач, экспертных, исследовательских и проектных групп. В условиях кризиса эти информационно-технологические решения и предлагаемые в настоящей статье системные подходы могут быть востребованы, поскольку они позволяют оптимизировать затраты бюджета посредством модернизации существующих социальных институтов органов власти и науки для целей многократного, многоаспектного использования упомянутых информационных ресурсов и сервисов для формирования инфокоммуникационной инфраструктуры общественно-государственного партнерства.

Библиографический список

1. Анохин, П. К. Философские аспекты теории функциональной системы / П. К. Анохин. Избр. тр. М. : Наука, 1978.

2. Системные механизмы поведения / под ред. К. В. Судакова, М. Баича. М. : Медицина, 1990.

3. Адрианов, В. Д. Эволюция основных концепций государственного регулирования экономики (от теории меркантилизма до теории функциональных экономических систем) / В. Д. Адрианов [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://viperson.ru/wind.php?ID = 269185&soch = 1. Загл. с экрана.

4. Кирдина, С. Г. Модели экономики в теории институциональных матриц / С. Г. Кирдина [Электронный ресурс] // Экономическая наука современной России. 2007. № 2 (37). С. 34–51 Режим доступа : http://kirdina.ru/doc/20jul07/1.doc. Загл. с экрана.

5. Кирдина, С. Г. Теория институциональных матриц (пример российского институционализма) / С. Г. Кирдина // Постсоветский институционализм / под ред. проф. Р. М. Нуреева, В. В. Дементьева. Донецк : Каштан, 2005. С. 75–101.

6. Замай, С. С. Технологии и вычислительные модели территориально-ориентированных информационных систем регионального управления и природопользования (Красноярский край) / С. С. Замай, В. В. Шайдуров, О. Э. Якубайлик // Вычислительные технологии. Т. 8. Спец. Выпуск. 2003. С. 57–69.

7. Замай, С. С. Архитектура и региональные особенности реализации Государственной информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края / С. С. Замай, В. В. Желиховская, Е. И. Миллер // Проблемы информатизации региона-2007 : материалы 10 Всерос. науч.-практ. конф. (1–2 нояб. 2007, г. Красноярск) : в 2 т. Т. 1 (секции 1–3) / отв. ред. Л. Ф. Ноженкова ; Политехн. ин-т Сиб. федер. ун-та. Красноярск, 2007.

8. Банк пространственных данных администрации Красноярского края : проблемы информатизации региона / О. Э. Якубайлик, С. С. Замай, С. А. Артемьев и др. // Проблемы информатизации региона-2007 : материалы 10 Всерос. науч.-практ. конф. (1–2 нояб. 2007, г. Красноярск) : в 2 т. Т. 1 (секции 1–3) / отв. ред. Л. Ф. Ноженкова ; Политехн. ин-т Сиб. федер. ун-та. Красноярск, 2007. С. 188–195.

9. Глазычев, В. Л. Стратегии территориального развития России (к технологиям общественно-государственного партнерства) [Электронный ресурс]. Режим доступа : http://www.glazychev.ru/publications/doklady/2008-04-12_doklad_oprf_str.htm. Загл. с экрана.

S. S. Zamay

METHODOLOGY OF SYSTEMS ANALYSIS AND PROJECTING INFORMATION MONITORING SYSTEMS AND PLANNING OF REGIONAL DEVELOPMENT

System methods of biological, social and economical systems investigations are adapted and used for system analysis and information systems development of regional administration. We consider examples of theoretical and practical decisions used and suggested for information systems creation of monitoring and regional development planning of Krasnoyarsk territory.

Keywords: methodology, systems analysis, regional administration, information systems.

УДК 519.8

С. С. Замай, В. В. Желиховская, Е. И. Миллер, С. А. Робозов

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТУ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПЛАНИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Обсуждаются системные основания проектных и организационных решений, использованных и предлагаемых для создания информационных систем мониторинга и планирования регионального развития Красноярского края.

Ключевые слова: системный анализ, проектирование, мониторинг, планирование, региональное управление, информационные системы.

Красноярский край в 2007 г. стал победителем конкурса ФЦП «Электронная Россия на 2002–2010 гг.» по проекту разработки типового решения Информационной системы планирования и мониторинга социально-экономического развития субъекта Российской Федерации. В основу конкурсной заявки администрации Красноярского края были положены программно-технологические решения, полученные в процессе реализации краевой целевой программы «Информатизация Красноярского края на 2004–2006 гг.»

Проектные решения и архитектура Государственной информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края определяются функциональными требованиями федерального заказчика и потребностями ОГВ края в информационном обеспечении бюджетного, социально-экономического и территориального планирования.

К функциональным требованиям федерального заказчика относятся обеспечение сбора, последующей обработки и анализа сведений в электронном виде, характеризующих фактическое состояние и планируемый уровень развития отдельных областей социально-экономической сферы, результативность деятельности органов государственной власти субъекта Российской Федерации и органов местного самоуправления, эффективность бюджетных расходов и потребность в бюджетном финансировании. Система должна обеспечивать возможность многоаспектного анализа текущего социально-экономическо-

го положения субъекта Российской Федерации; формирования и ведения базы плановых и фактических значений показателей развития субъекта Российской Федерации; информационно-аналитической поддержки подготовки многовариантных прогнозов его развития на перспективу и разработки вариантов планов и целевых программ развития субъекта Российской Федерации.

Функциональные требования субъектов Российской Федерации представляют собой детализацию функциональных требований федерального уровня, спроецированную на структурно-функциональную организацию исполнительных органов государственной власти региона, закрепленную соответствующими нормативными актами и административными регламентами, в том числе регламентами информационного взаимодействия с федеральными источниками данных; отражают специфику региональной системы управления, экономики, социальной сферы, информатизации.

Общие требования и структурно-функциональная схема. Информационная система мониторинга и планирования социально-экономического развития субъекта РФ обслуживает процессы социально-экономического и бюджетного планирования. При этом система мониторинга поставляет исполнительным органам власти не только сведения о показателях социально-экономического развития, но и данные о состоянии региональной муниципальной инфраструктуры, показатели эффективности деятельности субъектов региональной системы управления и иные сведения, определенные законами РФ и субъекта РФ. Эта система, в соответствии с парадигмой программно-целевого метода управления, призвана обслуживать как прямые, так и обратные связи механизмов планирования, управления и ответственности органов исполнительной власти за результаты (рис. 1). Совокупность институтов и организаций образует механизмы саморегуляции, обеспечивающие поддержание равновесия вокруг определенных заданных макроэкономических параметров и индикаторов (рис. 2). Приведенные на рис. 1 и 2 структурно-функциональные схемы построены в соответствии с установленными П. К. Анохиным [1] универсальной архитектоникой и законами организации функциональных (саморазвивающихся) систем. Их элементы соответствуют текущей практике управления субъекта РФ.

Согласно классификации, предложенной В. Д. Адриановым [2], систему мониторинга и планирования развития социально-экономического развития субъекта РФ можно отнести к функциональным экономическим системам, обеспечивающим сбалансированность государственного бюджета на региональном уровне.

Как считает В. Д. Адрианов, в современном рыночном хозяйстве именно государство превращается фактически в мозговой центр, который путем создания ФЭС на различных уровнях, регулирует формирование рыночной среды и обеспечивает динамизм и устойчивость экономического развития. Поскольку программы социально-экономического развития служат основой для разработки схем территориального планирования (основных документов градостроительного регулирования), то на законодательном уровне необходимо предусмотреть, а на организационном обеспечить информационно-аналитическую поддержку согласованной деятельности субъектов социально-экономического и территориального планирования.

Основные элементы системы информационной поддержки процессов планирования и регулирования пред-

Рис. 1. Схема прямых и обратных связей программно-целевой технологии управления

ставлены на рис. 2. Жирными линиями со стрелками выделены основные информационные потоки, а серым фоном помечены информационные ресурсы (модели объектов, ресурсов и процессов управления, регулирования), а также процессы системы мониторинга и планирования социально-экономического развития, нуждающиеся в информационно-аналитическом обеспечении.

Архитектура информационной системы. Информационная система планирования и мониторинга развития социально-экономического развития субъекта РФ должна содержать следующие подсистемы:

– автоматизированного сбора данных, характеризующих фактическое состояние и планируемый уровень развития отдельных областей социально-экономической сферы;

– централизованного хранения данных Государственных информационных ресурсов планирования и мониторинга социально-экономического развития (СЭР) субъекта РФ;

– информационно-аналитического обеспечения субъектов регионального планирования;

– информационного взаимодействия с федеральной составляющей системы мониторинга и информационно-аналитической поддержки деятельности субъектов бюджетного, стратегического и территориального планирования на региональном уровне.

Автоматизированная система сбора данных (АССД), характеризующих фактическое состояние и планируемый уровень развития отдельных областей социально-экономической сферы и информационного взаимодействия субъектов регионального планирования, должна включать в себя следующие типовые решения.

1. Для АИС отраслевого мониторинга – системы, которая должна обеспечивать сбор, поставку и систематизацию в централизованном хранилище следующих данных (ЦХД):

– отчетных форм по приоритетным национальным проектам, федеральным и региональным целевым программам, инвестиционным проектам регионального масштаба, реализации постановлений высших органов власти региона, в том числе об оценке результатов деятельности исполнительных органов власти, эффективности сетей бюджетных учреждений и системы государственных услуг субъекта РФ;

– форм бюджетной отчетности распорядителей и получателей бюджетных средств;

– данных об исполнении государственных контрактов и договоров;

– данных об управлении государственным имуществом.

2. Для АИС мониторинга муниципальных образований (АИС ММО) – системы,, которая должна обеспечивать сбор на муниципальном уровне, поставку, ведение и систематизацию в ЦХД следующих данных:

– данных паспортов муниципальных образований;

– показателей прогноза СЭР МО;

– показателей исполнения программ СЭР МО;

– показателей развития малого бизнеса;

– форм бюджетной отчетности;

– показателей эффективности деятельности органов местного самоуправления (ОМСУ).

3. Для АИС «Статистика» – системы, которая должна обеспечивать поставку и систематизацию в ЦХД данных территориальных органов федеральной службы государственной статистики.

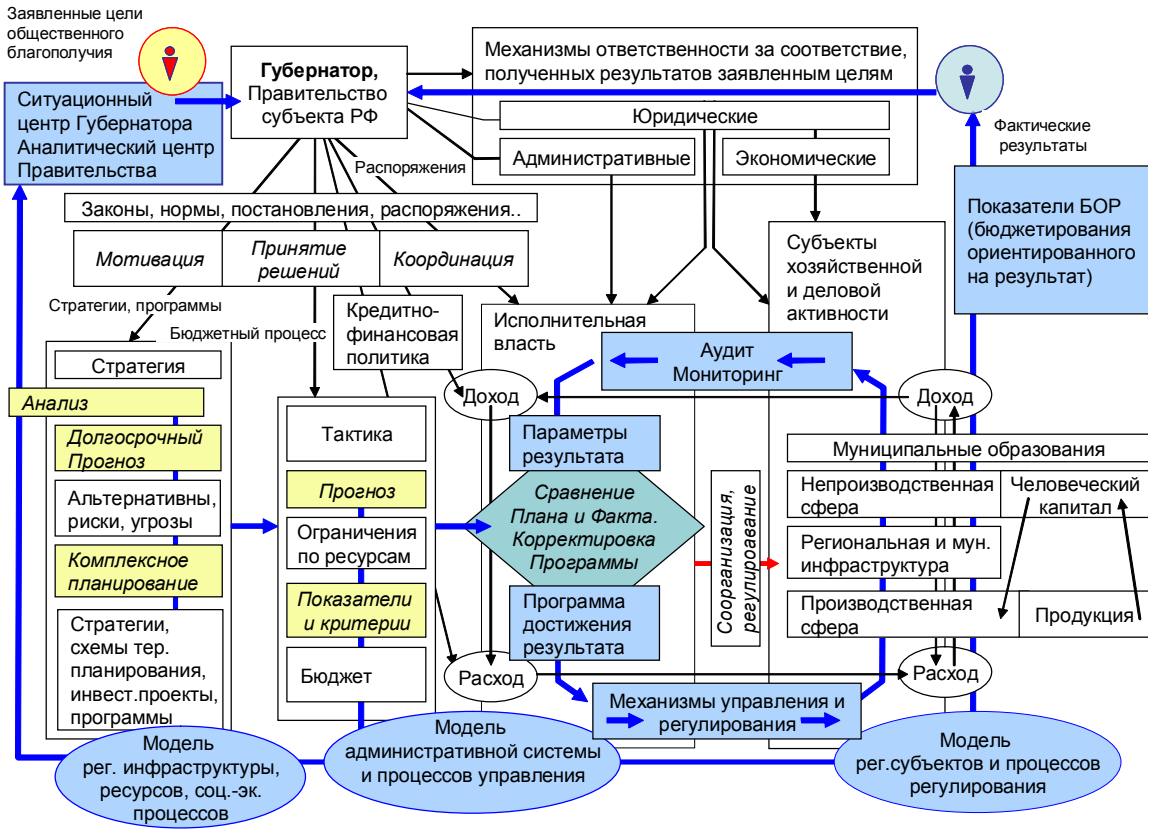


Рис. 2. Структурно-функциональная схема программно-целевой технологии региональной системы управления и ее информационное обеспечение

4. Для портала служебной коммуникации и информационно-аналитический поддержки субъектов планирования в части распределенной и итерационной работы по подготовке документов бюджетного, стратегического и территориального планирования.

Подсистема централизованного хранения данных Государственных информационных ресурсов планирования и мониторинга СЭР субъекта РФ должна включать следующие типовые решения.

1. Для централизованного хранилища данных (ЦХД), которое должно содержать:

– атрибутивные данные и документы, характеризующие фактическое состояние и планируемый уровень развития отдельных областей социально-экономической сферы;

– единые справочники, кодификаторы, классификаторы, обеспечивающие однозначную идентификацию объектов учета-управления и возможность сопоставимого анализа показателей их состояния;

– средства многоаспектного анализа многомерных данных, в том числе пространственных;

– средства интеграции с внешними (отраслевыми) источниками данных, в том числе с БПД;

– средства построения запросов и отчетов, включая картограммы;

– интернет-интерфейсы удаленного доступа и анализа данных;

– средства информационной безопасности и администрирования.

2. Для банка пространственных данных (БПД), который должен содержать:

– карты, схемы, космические снимки, адресные реестры, иные атрибутивные и пространственные данные, обеспечивающие однозначную идентификацию и позиционирование объектов управления;

– картоориентированный интерфейс, средства навигации и визуализации результатов пространственного анализа;

– геоинформационные интернет-атласы комплексной оценки СЭР региона, карты-схемы программ и инвестиционных проектов социально-экономического и пространственного развития, схемы территориального планирования;

– интернет-интерфейсы удаленного доступа и анализа данных;

– средства информационной безопасности и администрирования.

Подсистема информационно-аналитического обеспечения опирается на информационные ресурсы и сервисы ЦХД, БПД, портала служебной коммуникации и должна включать следующих типовые решения.

1. Для анализа*:*

– показателей социально-экономического развития;

– показателей эффективности сетей бюджетных учреждений по направлениям предоставления государственных услуг, управления имуществом, управления госзакупками, управления финансами;

– показателей оценки результатов деятельности ОГВ и ОМСУ.

2. Для прогноза:

– социально-экономического развития региона;

– социально-экономического развития муниципальных образований;

– развития сетей бюджетных учреждений.

3. Для моделирования региональной экономики*:*

– модели и методы, рекомендованные федеральным центром;

– модели и методы, учитывающие специфику региональной экономики.

4. Для автоматизированной подготовки аналитических отчетов и проектов официальных документов, предусмотренных федеральным и региональным законодательством в части бюджетного планирования, стратегического планирования и разработки программ социально-экономического развития, территориального планирования.

Подсистема информационного взаимодействия с федеральной составляющей системы мониторинга СЭР субъектов РФ и информационно-аналитической поддержки деятельности субъектов бюджетного, стратегического и территориального планирования на региональном уровне должна содержать следующие типовые решения.

1. Для поставок на федеральный уровень в соответствии с административными и техническими регламентами сведений регионального мониторинга СЭР в виде следующих форм установленного образца:

– отчетов о ходе реализации приоритетных национальных проектов;

– отчетов о ходе реализации федеральных целевых программ;

– результатов деятельности исполнительных органов государственной власти и местного самоуправления;

– прогнозов социально-экономического развития субъектов РФ.

2. Для обеспечения возможности информационного взаимодействия на региональном уровне с информационными системами территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, определенными в качестве источника легитимных данных для Информационной системы планирования и мониторинга социально-экономического развития субъекта Российской Федерации.

3. Для информационно-аналитический поддержки деятельности субъектов бюджетного, стратегического и территориального планирования на региональном уровне, которая должна обеспечивать регламентированный доступ к результатам деятельности исполнительных органов государственной власти и местного самоуправления субъектов РФ; прогнозам социально-экономического развития субъектов РФ; иным материалам федеральных органов государственной власти, обеспечивающим согласованную разработку стратегии, программ социально-экономического развития и схем территориального планирования субъектов РФ.

Основными источниками данных Информационной системы планирования и мониторинга социально-экономического развития субъекта Российской Федерации являются:

– информационные системы территориальных органов федеральной службы статистики;

– региональные информационные системы управления бюджетным процессом, имуществом, государственными закупками, сетями и услугами бюджетных учреждений;

– государственные кадастры, регистры, реестры;

– информационные системы анализа состояния и планирования развития региональной инфраструктуры – производственной, энергетической, дорожной, транспортной, телекоммуникационной, жилищной, коммунальной;

– муниципальные информационные системы ОМСУ.

Основные получатели информационно-аналитических услуг – это исполнительные органы государственной власти и местного самоуправления:

– субъекты бюджетного планирования;

– субъекты стратегического планирования социально-экономического развития;

– субъекты территориального планирования и градостроительства.

Построение информационной системы мониторинга и планирования в каждом конкретном субъекте РФ осуществляется с использованием существующих информационных систем и ресурсов ОГВ и ОМСУ и опорой на силы региональных программистов, способных обеспечить в условиях административной и финансовой реформ оперативную техническую поддержку и модернизацию функционального программного обеспечения.

Программно-технологические решения. Программно-технологические решения и архитектура информационных систем ЦХД, БПД, АИС ММО и других, составляющих основу Государственной информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края, подробно рассмотрены в [3; 4; 5]. Кроме того, при создании этой системы предлагается использовать типовые решения, разработанные в рамках ФЦП «Электронная Россия на 2002–2010 гг.», что позволило в данной статье уделить основное внимание общей архитектуре системы и региональным особенностях ее реализации.

Региональные особенности. В качестве первоочередных задач развития систем мониторинга и планирования в Красноярском крае определены задачи информационно-аналитического обеспечения социально-экономического планирования и оценки эффективности деятельности ОГВ и ОМСУ. Необходимые программно-технологические решения были получены в рамках КЦП «Информатизация», а элементы краевой информационно-аналитической системы (КИАС) прошли опытную эксплуатацию в департаменте экономического планирования и промышленной политики Красноярского края. Они должны послужить основой для создания Государственной информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края. Представим здесь структуру ее основных подсистем (рис. 3).

В процессе реализации, а также при планировании развития системы на 2009–1010 гг. будут учтены региональные особенности Красноярского края и наличие действующих информационных систем ОГВ и ОМСУ Красноярского края. Прежде всего должен быть учтен ряд следующих обстоятельств.

1. В Красноярском крае приняты к реализации ведомственные целевые программы (ВЦП). Их реализация осуществляется как на краевом, так и на муниципальном уровне, поэтому система муниципального мониторинга развивается как система служебной информационной коммуникации субъектов планирования краевого и муниципального уровней. Край обеспечивает муниципалитеты необходимыми информационными ресурсами и сервисами.

2. Система отраслевого мониторинга развивается на основе системообразующих информационных ресурсов (единые краевые справочники, кодификаторы и классификаторы) и сервисов ЦХД. Ее телекоммуникационная основа – мультисервисная транспортная сеть ОГВ и ОМСУ – пока еще находится в стадии строительства. Но там, где имеются высокоскоростные каналы связи, начаты работы по интеграции отраслевых информационных систем. Ин-

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ (2007-2008гг.)
ПОДСИСТЕМЫ:

(1) Централизованного хранения данных
- (1.1) ЦХД социально-экономического и бюджетного планирования
- (1.2) БПД социально-экономического и территориального планирования
- (1.3) Информационная система ведения единых справочников (ИС ЕС)
- (1.4) Реестр информационных ресурсов и систем (РИРИС)

(2) Информационного взаимодействия
- (2.1) Мониторинг муниципальный и отраслевой:
  - показателей СЭР и БОР;
  - приоритетных национальных проектов (ПНП);
  - краевых и ведомственных целевых программ (КЦП и ВЦП);
  - исполнения поручений Губернатора и постановлений Совета администрации края;
  - показателей эффективности деятельности исполнительных ОГВ и сферы государственных услуг
- (2.2) Мониторинг исполнения государственных контрактов и договоров;
- (2.3) Мониторинг эффективности управления имуществом;
- (2.4) Доступ к данным отраслевых и федеральных информационных систем;
- (2.5) Портал служебной коммуникации.

(3) Информационно-аналитического обеспечения
- (3.1) Анализа, прогноза, итогов социально-экономического развития и т.п.
- (3.2) Стратегического социально-экономического и территориального планирования
- (3.3) Сервисы автоматизации текущей деятельности субъектов планирования
- (3.4) Портал информационно-аналитического обеспечения субъектов планирования

Рис. 3. Структура информационной системы

формационные потоки систем отраслевого и муниципального мониторинга, используемые для подготовки прогноза и итогов СЭР края и МО, уже сейчас замыкаются в централизованном хранилище краевого уровня.

3. В крае создана и успешно функционирует автоматизированная система управления бюджетным процессом. Развиваются системы финансового мониторинга и бюджетного планирования. Необходима интеграция автоматизированных информационных систем социально-экономического и финансового бюджетного планирования.

4. Территориальный комплексный кадастр Красноярского края содержит сведения о природных и минерально-сырьевых ресурсах и успешно обслуживает отраслевые задачи. Вместе с тем в крае недостаточно развиты отраслевые системы кадастрового учета и мониторинга объектов региональной инфраструктуры промышленности, энергетики, транспорта, связи, дорожного хозяйства. Необходимо создать недостающие отраслевые кадастровые системы и обеспечить условия их использования для решения задач комплексного планирования.

5. В Красноярском крае существенное место занимают территориальные аспекты планирования, в котором принимаются во внимание огромные территории, протяженная инфраструктура, аграрный юг, промышленный и культурный центр, лесные, минерально-сырьевые и энергетические ресурсы северных территорий. Осуществляется разработка схем территориального планирования края, промышленного района Нижнего Приангарья, муниципальных районов, генеральных планов городских округов, городских и сельских поселений. Следует учитывать, что ряд приоритетных инвестиционных проектов имеет федеральное, краевое значение, а их реализация оказывает существенное и не всегда однозначно положительное влияние на муниципальном уровне. Головным разработчиком схем территориального планирования является Российский государственный научно-ис-следовательский и проектный институт урбанистики (Санкт-Петербург). Он использует программно-технологические решения БПД для создания ГИС градостроительной документации ЕКИС, которая должна послужить основой для формирования муниципальных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности.

6. В Красноярском крае ведется планомерная и согласованная разработка по единой методике программ социально-экономического развития муниципальных образований (СЭР МО). Разработанная система показателей встроена в АИС ММО, предусмотрены унифицированные формы отчетности. Поскольку программы СЭР МО, в соответствии с Градостроительным кодексом, служат основанием для разработки схем территориального планирования, то необходимо предусмотреть создание систем информационно-аналитического обеспечения, согласованного социально-экономического и территориального планирования краевого и муниципального уровней.

7. В перспективе ЦХД и БПД должны стать центром аккумуляции и организации доступа ко всем Государственным информационным ресурсам мониторинга (отраслевого, муниципального, госстатистики) и планирования (бюджетного, социально-экономического и территориального).

Итак, в крае имеются существенные программно-технологические заделы и созданы отдельные элементы общей архитектуры информационной системы. Далее в течение 2–3 лет необходимо разработать нормативное правовое обеспечение, административные и технические регламенты информационного взаимодействия и внедрения типовых решений. Потенциальным исполнителям проекта предстоит, исходя из наиболее актуальных (текущих и перспективных) задач ОГВ края, разработать и реализовать технические проекты формирования информационных ресурсов и создания прикладного программного обеспечения для пользовательских сервисов Государственной информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края.

Библиографический список

1. Анохин, П. К. Философские аспекты теории функциональной системы : избран. тр. / П. К. Анохин. М. : Наука, 1978.

2. Адрианов, В. Д. Эволюция основных концепций регулирования экономики от теории меркантилизма до теории саморегуляции : монография [Электронный ресурс] / В. Д. Адрианов // VIPERSON. RU. Электрон. дан. 05.08.2008. Режим доступа: http://viperson.ru/wind.php?ID = 269185&soch = 1. Загл. с экрана.

3. Замай, С. С. Технологии и вычислительные модели территориально-ориентированных информационных систем регионального управления и природопользования (Красноярский край) / С. С. Замай, В. В. Шайдуров, О. Э. Якубайлик // Вычисл. технологии. Т. 8. Спец. выпуск. 2003. С. 57–69.

4. Банк пространственных данных администрации Красноярского края / О. Э. Якубайлик [и др.] // Проблемы информатизации региона : материалы 10-й Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 1–2 нояб. 2007 г. В 2 т. Т. 1 (секции 1–3) / отв. ред. Л. Ф. Ноженкова ; Сиб. федер. ун-т ; Политехн. ин-т. Красноярск, 2007. С. 188–195.

S. S. Zamay, V. V. Zhelikhovskaya, E. I. Miller, S. A. Robozov

GENERAL REQUIREMENTS FOR THE PROJECT OF MAKING INFORMATION MONITORING AND PLANNING SYSTEM OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF KRASNOYARSK TERRITORY

System fundamentals of planning and organizing solutions which are used and suggested for creating information systems of monitoring and regional development planning of Krasnoyarsk territory are discussed.

Keywords: systems analysis, projecting, monitoring, planning, regional administration, information systems.

УДК 330.101.54

Л. Р. Батукова

НАЦИОНАЛЬНЫЙ РЫНОК КАПИТАЛА КАК ФАКТОР КОРПОРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ

Рассмотрена необходимость формирования эффективной модели рынка капитала, обеспечивающей финансирование компаний реального сектора на основе принципов инновационного развития; понятие национального (странового) рынка капитала; подходы к анализу рынка капитала; модели рынка капитала и уровень их значимости для целей изучения и оценки национального рынка капитала.

Ключевые слова: компании реального сектора, национальный (страновый) рынок капитала, модели рынка капитала, управление и регулирование рынка капитала.

Одной из приоритетных задач корпоративного управления компаний реального сектора является формирование механизма обновления и совершенствования предприятия. В настоящее время данная задача должна решаться на основе принципов инновационного развития, что требует все больших инвестиционных затрат. Получение средств на развитие и обновление в значительной степени обеспечивает рынок капитала. Эффективность рынка капитала во многом определяет эффективность развития реального сектора.

Подходы к организации рынка капитала различаются в разных странах. В России в настоящее время до конца не определена концептуальная платформа развития национального рынка капитала, хотя необходимость его скорейшего развития признается на всех уровнях власти, в силу чего исследование данной проблемы представляется своевременным и важным.

С практической точки зрения, национальный рынок капитала – это механизм, позволяющий покупать и продавать инвестиционные ресурсы. Организационно, рынок капитала может быть либо местом, куда действительно приходят представители покупателей и продавцов (Нью-Йоркская фондовая биржа), либо же коммуникационной сетью, которая связывает покупателей и продавцов и не требует их физического присутствия (Лондонская фондовая биржа).

Если более детально исследовать организационную сущность национального рынка капитала, то необходимо обратить внимание, что данный рынок обладает двойственностью. С одной стороны, это целостная социоэкономическая система, состоящая из взаимосвязанных взаимодействующих элементов, с другой – это среда, представляющая собой совокупность внешних условий, в которых реализуют свой финансовый и экономический интерес различные виды собственников, юридически и организационно обособленных.

Национальный (страновый) рынок капитала как целостная социоэкономическая система представляет собой совокупность элементов, состоящую из экономических агентов, действующих в своих частных интересах, государственных и общественных институтов, регулирующих рынок капитала правовыми и организационными мерами в интересах финансового рынка в целом, а также в интересах системы более высокого уровня – государства. В число элементов системы рынка капитала входит также и так называемый регулятор, который представляет собой созданную в рамках национальной (страновой) финансовой системы подсистему институтов, сочетающих черты коммерческого банковского учреждения и государственного ведомства. Регулятор обладает юридической независимостью при принятии решений. Действуют регуляторы исходя из политико-экономической доктрины, принятой на уровне правящей элиты, используя экономические методы. Это обусловлено тем, что экономические интересы регулятора смыкаются с экономическими интересами правящих государственных кругов, так как регулятор организационно выстраивается по принципу аффилированности с государством.

Центральным элементом регулятора, как правило, является Центральный банк. Центральный банк обычно создается в форме акционерного общества. При этом во многих странах его капитал принадлежит государству (во Франции, в Великобритании, Германии, Нидерландах) или государство владеет частью капитала (в Бельгии, Японии), либо акционерами ЦБ являются коммерческие банки (в США) или другие финансовые учреждения (в Италии).

Двойственная природа национального рынка капитала, с одной стороны, роднит его с предприятием. Оба объекта являются относительно обособленными социоэкономическими системами, имеющими индивидуальный вектор развития, определенный миссией, а также границы, отделяющие данную систему от прочих родственных и обеспечивающие относительную независимость ее развития. С другой стороны, национальный рынок капитала имеет сходство с социально-экономическими средами, например с правовой средой. Это сходство проявляется в том, что национальный рынок капитала проявляет себя по отношению к экономическим агентам – субъектам данного рынка – как совокупность относительно и абсолютно неподконтрольных им институциональных условий.

Это значит, что к формированию рынка капитала должны быть применены специальные подходы: отчасти аналогичные подходам к формированию и развитию предприятий, отчасти имеющие место при формировании и развитии социоэкономических сред.

Национальный рынок капитала, как и предприятие, имеет определенные границы. В целом они совпадают с географическими границами соответствующего государства, но кроме того, могут включать резидентов, находящихся за пределами данных границ (например, филиалы финансовых компаний и банков, находящиеся на терри-

тории других государств). В то же время нерезиденты, находящиеся на территории данного государства, могут как быть, так и не быть элементами национального рынка капитала. Если банк или другой финансовый институт получил официальную аккредитацию на национальном финансовом рынке, то он может быть элементом национального рынка капитала. Если иностранный банк или другой финансовый институт не аккредитован для работы с резидентами данного национального рынка капитала, но имеет право работать с нерезидентами на территории данной страны, то он не является элементом национального рынка капитала.

Национальный рынок капитала – система отрытая, границы его проницаемы и элементы внутренней среды в значительной мере подвержены влиянию со стороны внешних сил. Но в то же время, наличие достаточно четко обозначенных границ свидетельствует об относительной обособленности объекта от прочих рыночных систем. По нашему мнению, это важная черта. Обособленность должна быть присуща национальному рынку капитала, но на разных этапах развития возможен различный уровень обособленности.

Глобалистические призывы со стороны развитых стран о необходимости максимально избавляться от границ национального рынка капитала, превращая национальный рынок капитала в периферию глобального рынка, должны быть подвергнуты глубокому анализу, тем более что ни один из общепризнанных наиболее эффективных национальных рынков капитала (ни рынок Великобритании, ни США, ни Германии и так далее) не формировался изначально на глобалистической основе, т. е. без границ. Глобализация происходила позже, после того как национальный рынок достигал определенного уровня зрелости. Данный аспект генезиса рынка капитала весьма схож с генезисом обычного предприятия. Ведь никто не будет спорить, что небольшое молодое предприятие, особенно если оно потенциально является серьезным конкурентом крупной, эффективной, давно работающей на рынке компании, нуждается в серьезной защите и не должно идти в лобовое столкновение с более сильным конкурентом.

Развитие национального рынка капитала, как и отдельного предприятия, обусловливается как внутренними процессами, так и внешними факторами. В то же время, благоприятные внешние условия могут только облегчить развитие, но не обусловить его. Без внутреннего целенаправленного движения рыночная система не состоится. Акцент в данном случае делается именно на целенаправленность. Этим, в свою очередь, объясняется тот факт, что в ходе становления и развития наиболее эффективных национальных рынков капитала обязательно появлялась некая глобальная цель, или точнее сказать, миссия национального рынка капитала. Эта миссия объединяла все элементы рынка, что позволяло им действовать как единому целому по отношению к внешним факторам, а также осуществлять экономическое сотрудничество между собой, несмотря на конкуренцию. Данный аспект подтверждается историей становления и развития наиболее развитых рынков капитала.

Таким образом, миссия – это один из базовых элементов организации национального рынка капитала, роль миссии состоит в синхронизации интересов контрагентов национального рынка капитала и формирования вектора развития для системы в целом. Миссия должна обеспечить развитие системы таким образом, чтобы, во-первых, внутренняя конкуренция экономических агентов не приводила к развалу единства системы и хаосу, а напротив, создавала внутренние стимулы для развития системы; во-вторых, регулирование рынка капитала обеспечивало допустимый уровень прозрачности границ, с тем, чтобы не допустить крайностей: их закрытия для перемещения капиталов и вследствие этого отторжения от мирового рынка капитала, или окончательного размывания границ и преждевременной интернационализации и глобализации национального рынка капитала; в-третьих, регулирование рынка капитала обеспечивало синхронизацию внутренних интересов агентов рынка капитала и интересов реального сектора. Отрыв интересов рынка капитала от интересов реального сектора повлечет формирование финансовых пузырей и как следствие – кризисов.

Когда речь заходит о формировании миссии, то мы должны прежде всего ответить на вопрос: чему призван служить национальный рынок капитала? Если мы приняли за основу, что национальный рынок капитала призван обеспечивать потребности реальной экономики, то для формирования эффективной концепции рынка капитала и соответствующей ей инфраструктуры мы должны прежде определиться с концепцией развития реального сектора нашей экономики: доминирующей моделью корпоративного управления, основными линейками конечных продуктов, своем месте в международном разделении труда.

Именно спрос, предъявляемый со стороны реального сектора, доминирующие формы его развития должны задавать основные параметры развития национального рынка капитала. В противном случае его развитие будет фиктивным и более того – обескровит и без того слабый реальный сектор. Все это свидетельствует о том, что формулировке миссии рынка капитала должна предшествовать работа по определению модели корпоративного развития реального сектора.

Таким образом, проблему формирования и развития рынка капитала необходимо рассматривать в тесной связи с проблемой корпоративного развития в реальном секторе экономики, точно так же, как проблемы формирования и развития корпоративного развития должны рассматриваться в тесной связи с проблемами становления рынка капитала.

Несмотря на то что двойственность природы рынка роднит его с обычным предприятием, управление рынком капитала осуществляется по другим схемам, нежели те, которые приняты при управлении компанией. Это обусловлено тем, что рынку присущи свойства социоэкономической среды, в частности, неподконтрольность агентам данного рынка институциональных условий, а также отсутствие линейной подчиненности самих агентов регулирующим органам.

Являясь целостной социоэкономической системой, национальный рынок капитала в то же время не имеет строгой иерархической организации своих элементов, как, например, частное или государственное предприятие. Поэтому мы не вправе говорить об управлении рынком

капитала, если под управлением понимать сознательное целенаправленное воздействие со стороны руководящих органов на людей и экономические объекты, обеспечивающее получение запланированных результатов. Это обусловлено самой природой рынка, суть которой в свободных отношениях между контрагентами по поводу купли-продажи товаров и услуг и заключению торговых сделок.

В то же время можно и нужно говорить о регулировании рынка капитала. Регулирование – это вид управления, посредством которого характеристики управляемой системы удерживаются в рамках параметров, заданных управляющей системой. По сути, регулирование – это управление, но в узком смысле слова.

Безусловно, в число регулирующих воздействий включаются законодательное регулирование и саморегулирование работающих на рынке организаций. Регулирование также осуществляется при помощи близких к правительственным кругам регуляторов (ЦБ в России, ФРС в США и прочих) при помощи экономического принуждения (дополнительной эмиссии денег, изменения учетной ставки ЦБ и т. п.). Кроме того, каждая транзакция, осуществленная экономическими агентами рынка, может рассматриваться как саморегулирующее воздействие рынка капитала на самого себя.

Принципиальное отличие регулирующих воздействий рынка капитала от управляющих воздействий в рамках предприятия заключается в том, что вектор управляющего воздействия в рамках предприятия преимущественно направлен линейно (от субъекта управления к объекту управления), а вектор регулирующего воздействия на рынке капитала направлен линейно, только тогда, когда речь идет о законодательном регулировании. Все остальные регулирующие воздействия не имеют линейной траектории от субъекта воздействия к объекту.

Например, когда мы рассматриваем управляющее воздействие внутри корпорации, то данное воздействие исходит из точки А и направлено в сторону точек Б и В. Эффективность данного воздействия, результат данного воздействия измеряется степенью и качеством реакции объекта воздействия.

Рассмотрим рынок капитала. Обычная транзакция рынка капитала – покупка долговых обязательств экономическим агентом А у агента Б. Регулирующее воздействие данной транзакции в этом случае направлено не от А к Б (по вектору транзакции), а от А к прочим элементам системы по информационным каналам. Сущность регулирующих воздействий, направленных к прочим контрагентам системы, состоит, например, в информировании их в том, что агент А решил, что долги агента Б являются надежными долгами, или в том, что долги агента Б предпочтительнее долгов агента В и так далее.

От агента Б также направляются регулирующие воздействия к остальным контрагентам системы, их сущность может состоять в том, например, что рынок готов кредитовать долги такого контрагента, как контрагент Б.

Очевидно, что на рынках капитала различных стран характер и форма регулирующих воздействий различаются, и это обусловлено многими причинами. Поэтому одной из важнейших характеристик национального рынка капитала как единой социоэкономической системы, является *характер и форма распространения регулирующих воздействий,* в том числе регулирующих воздействий законодательного характера, а также транзакционных воздействий.

Рынок как среда, где реализуют свой финансовый и экономический интерес различные виды собственников, юридически и организационно обособленные, состоит из следующих участников:

– конкурирующих собственников, основная цель которых – стремление к максимальной прибыли, а отнюдь не к успеху всей системы;

– профессиональных финансовых посредников, обеспечивающих осуществление транзакций на основе установленных законодательством норм;

– института регуляторов (как государственных, так и не государственных), который стремиться согласовать интересы собственников с интересами государства и своими собственными.

Рыночная среда представляет собой институциональную инфраструктуру, состоящую из государственных и общественных организаций, действующих на основе принятой системы права, культурной и деловой традиции. Теоретически, данная среда призвана обеспечить возможность для каждого агента – резидента системы, желающего заключить сделку, равные права и равную защиту его частного интереса.

Рыночная среда имеет следующие характеристики:

– количество контрагентов, присутствующих на рынке;

– уровень свободы контрагентов в достижении своих собственных интересов;

– уровень рисков участвующих в сделках контрагентов;

– характер и сила влияния регулятора на процессы внутри системы и на внешние взаимоотношения системы;

– уровень зависимости от внешних факторов и рыночных систем.

Таким образом, вследствие своей двойственности рынок обладает специфическим набором характеристик, которые должны быть учтены при анализе и регулировании национального рынка капитала.

Важной характеристикой рынка ссудных капиталов является перечень субъектов рынка. Помимо профессиональных участников рынка ценных бумаг (в соответствии с Федеральным законом № 39-ФЗ «О рынке ценных бумаг»), он включает государство, банки, в том числе центральные, небанковские финансовые институты (страховые компании, пенсионные фонды, паевые инвестиционные фонды), корпоративных инвесторов (крупные предприятия, транснациональные корпорации, мелкие и средние предприятия), частных инвесторов.

Основные функции, которые призван осуществлять рынок капитала, следующие:

– информационная, представляющая собой способность рынков капитала эффективно перерабатывать информацию, благодаря чему участники рынка узнают о цене (стоимости) конкретных финансовых инструментов;

– функция хранения богатства;

– функция распределения рисков через диверсификацию;

– мобилизационная. Способность рынков выполнять эту функцию – мобилизовывать капитал – делает их осо-

бенно привлекательными для развивающихся стран, где предложение капитала может быть недостаточным. В экономике с неразвитым финансовым рынком нехватка капитала затрудняет развитие. Мобилизационная функция непосредственно связана с предложением на рынке и ролью финансовых рынков как источников капитала.

Перечисленные характеристики с большей или меньшей периодичностью используются при анализе и оценке рынка капитала. Но необходимо отметить, что на практике использование данных характеристик отличается бессистемностью и поэтому минимальной информативностью. Для более системного анализа в рамках экономической науки выработан подход на основе выделения моделей рынка капитала.

В теории выделяют две основные, теперь уже можно сказать, классические, модели рынка капитала. Прежде чем их рассмотреть, оговоримся, что модель – это условный образ объекта исследования. Модели могут создаваться с различными целями, в нашем случае – для анализа состояния и развития специфического объекта – рынка капитала. Модель рынка капитала необходима, чтобы абстрагироваться от несущественных или слабо влияющих на состояние и развитие системы факторов и найти факторы принципиально важные, определяющие устойчивое, поступательное развитие данного рынка. Модель рынка капитала должна отразить характеристики, существенные для целей нашего исследования.

В соответствии с первой моделью рынка капитала, основным институтом, предоставляющим капитал, является банковская система, вторая модель предусматривает «подход с широким участием», в котором акцент делается на вовлечение населения в инвестирование накопленных средств, а соответственно, основной институт, предоставляющий капитал, – это фондовая биржа.

В рамках первой модели предложение капитала преимущественно осуществляется банковскими и кредитными учреждениями. В этой модели компании и частные лица в основном перепоручают принятие решений об инвестировании банкам, сами напрямую деньги не инвестируют. Банки же дают деньги взаймы, а сами являются основными покупателями акций и облигаций компаний. Они доминируют на рынке ценных бумаг: владеют ценными бумагами и контролируют торговлю ими. Структура финансовых продуктов на таких рынках наиболее консервативна. Данная модель (еще ее называют германской) широко распространена в континентальной Европе и в Японии, соответственно, она генетически связана с германской и японской моделями корпоративного управления.

Вторая модель рынка капитала, сформировавшаяся в США и Великобритании, характеризуется активным использованием фондового рынка для инвестиционных целей. Фондовый рынок в основном отделен от банков законодательной базой, требующей снижения банковских рисков и ограничивающей участие банков в спекулятивных схемах. Данная модель обеспечила существование американского типа корпоративного управления.

Обе модели рынка капитала формировались и корректировались под воздействием спроса и предложения, предъявляемого со стороны доминирующей на территории государства модели корпоративного управления. И это понятно, так как изначально рынок капитала призван обеспечивать потребности реальной экономики. В то же время сформировавшийся рынок капитала оказывает значительное воздействие на корпоративные формы реального сектора, поэтому проблему формирования и развития рынка капитала необходимо рассматривать в тесной связи с проблемой корпоративного управления в реальном секторе экономики точно так же, как проблемы формирования и развития корпоративного управления должны рассматриваться в тесной связи с проблемами рынка капитала.

В основу идентификации данных моделей закладываются следующие характеристики:

– доминирование тех или иных финансовых институтов;

– деловые и культурные традиции, общепринятые этические принципы отдельных стран;

– страновая принадлежность и правовая система (как правило, имеет место разделение на континентальную и англо-саксонскую системы) отдельных государств.

В последние двадцать-тридцать лет происходят кардинальные изменения в мировой экономике, в том числе и в корпоративном управлении реального сектора, и в финансовой сфере. Структура рынка капитала стремительно меняется. Классические модели претерпевают изменения, кроме того, появляются новые механизмы, которые закладывают основы появления новых моделей рынка капитала, активно взаимодействующих с корпоративными структурами реального сектора. Это в свою очередь приводит к тому, что фактически роль и влияние на мировую экономику традиционных моделей падает. Данный процесс носит глобальный характер и требует анализа и осмысления.

В работе «Модели рынков ценных бумаг» Б. Ческидов [1] анализирует современные взгляды на модели рынка капитала и отмечает необходимость построения таких моделей вследствие удобства изучения частных практик на основе их анализа. В то же время необходимо заметить, что существующие классические модели часто не отвечают потребностям исследования развития рынка капитала. Б. Ческидов обращает внимание на то, что в основу определения классических моделей закладываются относительно разрозненные факторы: страновая принадлежность, доминирование тех или иных финансовых институтов, правовая система (как правило, имеет место разделение на континентальную и прецедентную системы), деловые традиции или этические принципы отдельных обществ.

Подобный подход отчасти приемлем для укрупненного исследования и формирования обобщающих ментальных конструкций. Когда речь заходит о более узких задачах необходимости формирования практических рекомендаций в области реорганизации конкретного рыночного механизма, данные подходы не дают необходимых результатов.

Для разрешения этой проблемы Б. Ческидов предлагает построить модель, в которой отдельные факторы были бы увязаны между собой и обобщены единым фактором: общественным явлением, исходным и определяющим для такого рода модели. Избранный им параметр –

достаточность капитала – становится критерием, на основе которого образуется однородный ряд моделей и отдельные модели различаются между собой. Под «достаточностью» автор подразумевает обеспечение инвестиционного процесса и выделяет четыре основные модели в соответствии с данным признаком (см. таблицу). В первом и втором случае наблюдается дефицит инвестиций. В третьем случае наблюдается баланс. В четвертом случае наблюдается избыток инвестиций.

Модель в предложенном модельном ряду – инструмент классификации, некая абстракция, в чистом виде не существующая. Субмодель – страновая категория, связана со страной – ее носителем, поэтому по мере развития национальной экономики одна и та же субмодель может последовательно входить в качестве элемента в разные модели и число элементов в модели меняется.

Данный подход к формированию моделей рынка капитала, без сомнения, значительно более продуктивен с точки зрения практического анализа, чем классический подход. В ряд достоинств данных моделей нужно поставить следующие их преимущества:

– предложенные модели являются развитием идеи, заложенной в классических моделях, при этом они более детально описывают объект и обнаруживают причинно-следственные связи внутренней структуры объекта;

– модели позволяют классифицировать и анализировать на единой теоретической платформе всю совокупность национальных рынков капитала;

– модели в явном виде увязывают финансовый аспект инвестиционного процесса с производственным.

Несмотря на достоинства данного подхода, он остается достаточно общим. Он позволяет констатировать факт формирования той или иной модели в рамках того или иного государства, выявить страновые особенности и конкретные исторические предпосылки, приведшие к формированию данной модели, но не позволяет вскрывать принципиальные, глубинные экономические причины, которые обусловили становление именно такой модели. Если основывать анализ рынка капитала исключительно на анализе данных моделей, то мы, в конечном счете, сузим свой анализ до конкретных исторических условий формирования той или иной модификации модели (субмодели). В то же время наша задача состоит в том, чтобы выявить принципы, очищенные от историчности, выявить содержание, присутствующее в конкретной исторической форме, чтобы получить инструменты, позволяющие формировать желаемую модель, корректировать имеющуюся в новых исторических условиях.

Для решения данной задачи необходимо более подробно рассмотреть организационную основу двух моделей (в соответствии с классификацией Б. Ческидова): модель относительно недостаточного капитала (на примере Германии) и модель избыточного капитала (на примере США). Данные модели являются ключевыми по следующим причинам:

– они, по-сути, конкретизируют классические модели рынка капитала, которые глубоко укоренены в экономическую и юридическую науку и практику развитых стран, и их исследование предоставляет бесценный опыт для формирования современных подходов к развитию национального рынка капитала;

– на протяжении длительного времени экономисты рассматривали их как конкурирующие модели в эпоху глобализации и данные споры обострил мировой фи-

Модели рынка ценных бумаг, в соответствии с классификацией, предложенной Б. Ческидовым

Наименование модели	Характеристика	Государства, где реализована данная модель на уровне страновой субмодели
Модель абсолютно недостаточного капитала	Не все имеющиеся национальные инвестиционные ресурсы потребляются производством, национальное производство не может эффективно потребить дополнительные иностранные инвестиции. Производство испытывает недостаток в инвестиционных ресурсах, однако не способно эффективно освоить даже имеющееся их количество. Этот дисбаланс не исправить простым притоком инвестиций	Италия
Модели относительно недостаточного капитала	Все имеющиеся национальные инвестиционные ресурсы потребляются производством, национальное производство может эффективно потребить дополнительные инвестиции. В целом, национального капитала не хватает, но условия для его усвоения производством есть	Германия
Модель достаточного капитала	Все имеющиеся национальные инвестиционные ресурсы потребляются производством, национальное производство не нуждается в дополнительных иностранных инвестициях. Таким образом, национальных инвестиций хватает для удовлетворения производства и оно не испытывает недостатка в них. Но хотя объем инвестиционного ресурса и достаточен, он не избыточен, в результате чего инвестор не испытывает недостатка в объектах инвестиций не только вследствие количества таких объектов, но и вследствие ограниченности своих возможностей	Скандинавские страны
Модель избыточного капитала	Не все имеющиеся национальные инвестиционные ресурсы потребляются производством, национальное производство не нуждается в дополнительных инвестициях. Национальных инвестиций столько, что они не находят себе применения внутри страны, а производство всегда может получить необходимые средства	Англия, США и Канада

нансовый кризис, поскольку он привел к частичной дискредитации англо-саксонской модели избыточного капитала;

– обе модели рассматриваются как наиболее привлекательные ориентиры развития российского рынка капитала, и поэтому государство готово поддержать формирование либо одной из них, либо смешанную форму.

Исходя из общей характеристики организации рынка капитала, модель относительно недостаточного капитала (на примере Германии) и модель избыточного капитала (на примере США) должны быть проанализированы следующим образом:

1. Выявлены основные этапы и характер корпоративного развития реального сектора соответствующего государства, как фактор формирования и развития рынка капитала.

2. Каждый этап корпоративного развития реального сектора охарактеризован с точки зрения:

– достаточности капитала;

– миссии национального рынка капитала;

– степени эффективности осуществления своих функций рынком капитала;

– институциональной организации рынка, доминирующих регулирующих воздействий и степени эффективности их влияния на рынок;

– инфраструктуры организации национального рынка капитала;

– границ и степени открытости национального рынка капитала;

– характеристики национального рынка капитала как среды, обеспечивающей условия для заключения экономическими агентами сделок.

Данный подход позволит выявить взаимосвязь между организацией рынка капитала и характером корпоративного развития реального сектора, на основе чего можно сделать выводы о наиболее эффективных подходах к развитию национального рынка капитала России, разработать приемлемую для российской экономики модель и средства ее формирования.

Библиографический список

1. Ческидов, Б. Модели рынков ценных бумаг / Б. Ческидов. СПб. : Питер, 2006.

L. R. Batukova

NATIONAL CAPITAL MARKET AS A FACTOR OF FIRM DEVELOPMENT

The necessity of forming the effective model of capital market, providing with a company financing of the real sector on the basis of innovation development principles is considered. Also the conception of national capital market, ways of analysis of the capital market, models of capital market and their concernment level to study and estimate the national capital market is rated .

Keywords: companies of the real sector, national capital market, models of capital market, control and regulation of capital market.

УДК 339

Т. А. Баранкина, О. Н. Якименко

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО РЫНКА МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ

Рассматривается необходимость сегментации потребителей медицинских услуг на локальном рынке с целью повышения экономической эффективности организации здравоохранения. На основе маркетинговых исследований проводится анализ факторов, влияющих на удовлетворенность потребителей качеством и доступностью медицинских услуг.

Ключевые слова: сегментация рынка медицинских услуг; качество и доступность; удовлетворенность потребителей.

В России более пятнадцати лет существует система обязательного медицинского страхования, происходят изменения и в порядке организации медицинских услуг. Общие принципы развития рыночных отношений пытаются автоматически переносить на систему здравоохранения. Принцип содержания бюджетных учреждений постепенно уступает место оплате результатов их деятельности – объема услуг, оказанных в соответствии со сложившимися требованиями к их качеству. Однако особенности рынка медицинских услуг диктуют необходимость введения специальных понятий и дополнительных маркетинговых исследований.

Первая задача такого исследования – теоретически осмыслить роль рынка в достижении целей политики здравоохранения, а именно сохранении здоровья населения в целом и улучшении его качества с точки зрения потребителя.

Вторая задача – оценить реальные процессы рыночных преобразований и сделать выводы о возникающих проблемах и противоречиях на рынке медицинских услуг и обеспечении более эффективного использования ресурсов, повышения качества и доступности медицинской помощи.

Третья задача возникла как необходимость удовлетворения запросов потребителей медицинской помощи, выявленных на основе мониторинга мнения пациентов путем регулярного анкетирования.

Говоря о рыночных изменениях в системе здравоохранения, необходимо определить сущность основных понятий на рынке медицинских услуг, которые отличаются от тех, что приводятся в нормативных документах по организации медицинской помощи.

Положением о вневедомственной системе контроля качества медицинской помощи на территории Красноярского края (1997) *медицинская помощь* обычно определяется как способность врача снижать риск прогрессирования имеющегося у пациента заболевания и возникновения нового патологического процесса. Под *качеством медицинской помощи* в общепринятом случае следует понимать совокупность характеристик, подтверждающих соответствие оказанной медицинской помощи имеющимся потребностям пациента (населения), его ожиданиям, в соответствии с отраслевыми требованиями. Современные теоретики в области организации здравоохранения определяют качество медицинской помощи как содержание взаимодействия врача и пациента, основанное на квалификации профессионала [1], т. е. определяющим становится умение врача соблюдать некие технологии – медико-экономические стандарты (МЭСы). *Медицинская услуга* законодательно определяется как результат деятельности лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) или специалистов (имеющих соответствующие лицензии), направленный на удовлетворение нужд и потребностей населения. А вот качество медицинской услуги в медицинских документах однозначно не определяется. Можно лишь говорить об *обеспечении качества медицинской услуги* – о создании необходимых условий взаимоотношений врача и пациента для оптимального удовлетворения спроса на медицинские услуги. По мнению авторов, изучение этих взаимоотношений представляет собой интерес и становится возможным в условиях локального рынка, на территории закрытого административно-территориального округа (ЗАТО), поскольку обособленность производителя позволяет сократить количество факторов, влияющих на качество медицинских услуг.

Город Зеленогорск выбран в качестве базовой модели для изучения особенностей и закономерностей состояния здоровья в закрытых административно-территориальных образованиях (ЗАТО) как типичная территория. При этом учитывалась достаточная численность населения для детализации основных показателей здоровья и выявления социально-экономических и других факторов, определяющих особенности здоровья и здравоохранения на локальном рынке.

Реализация задач проводилась на материалах системы здравоохранения и подсистем, входящих в систему обязательного медицинского страхования (ОМС) и добровольного медицинского страхования (ДМС).

При решении конкретных направлений объектами исследования были:

– население города Зеленогорска;

– пациенты клинической больницы № 42 и лечебно-профилактических учреждений разных форм собственности, расположенные на территории города;

– Зеленогорский филиал Красноярского краевого фонда обязательного медицинского страхования (ОМС);

– филиал страховой медицинской организации «Макс-М».

Формирование статистической совокупности осуществлялось методом сплошного наблюдения во временном интервале 2003–2008 гг.

Федеральное государственное учреждение здравоохранения «Клиническая больница № 42» Федерального медико-биологического агентства России (ФГУЗ КБ № 42 ФМБА) представляет собой многопрофильное учреждение, обслуживающее не только градообразующее предприятие, но и всё городское население – 68 505 человек (по данным на январь 2009 г.). КБ № 42 является единственным учреждением здравоохранения на территории города, предоставляющим медицинскую помощь в соответствии с Программой государственных гарантий оказания населению бесплатной медицинской помощи. Уникальность ситуации, сложившейся на рынке медицинских услуг Зеленогорска, обусловлена двумя обстоятельствами:

– во-первых, с сентября 2006 г., согласно принятому Положению о переводе всего имущественного комплекса в ведение ФМБА, местный бюджет более не рассматривается как источник финансирования городской системы здравоохранения. Платежи осуществляются по единственной статье – за неработающее население. Другими источниками, кроме средств ФМБА, являются средства ОМС, договоры с предприятиями и доходы от платной деятельности, организованной непосредственно на базе клинической больницы;

– во-вторых, ЗАТО в Зеленогорске представляет собой территориально ограниченное поселение вокруг градообразующего предприятия с высокоразвитой инфраструктурой и может служить идеальной моделью для изучения локального рынка. Ближайший город расположен в двухстах километрах. Существующие тенденции в российской системе здравоохранения здесь проявляются наиболее остро (сокращение и постарение кадрового состава, невысокая заработная плата врачей и невозможность подработки, слабая развитость сектора частной медицины). Перечисленные недостатки компенсируются стабильным финансированием из федерального бюджета и средств ОМС.

В соответствии с требованием перехода на ресурсосберегающие технологии в организации здравоохранения, структура предложения форм оказания медицинских услуг претерпевает значительные изменения в сторону сокращения стационарных коек и их перепрофилирования (рис. 1). Основная цель таких изменений –снижение затрат на содержание коечного фонда; критерием служат средняя занятость койки и оборот койки в году.

Согласно принятому в 2006 г. на федеральном уровне Положению о возможном изменении срока пребывания

больного на стационарной койке в зависимости от стадии лечения (интенсивной и долечивания), врач определяет форму ведения пациента в разных условиях: это или круглосуточный стационар, или дневной стационар на базе городской больницы (дневной стационар на базе поликлиники), или амбулаторное лечение. Обоснованность такого выбора контролируется внутрибольничной и ведомственной экспертизой на основе медико-экономических стандартов.

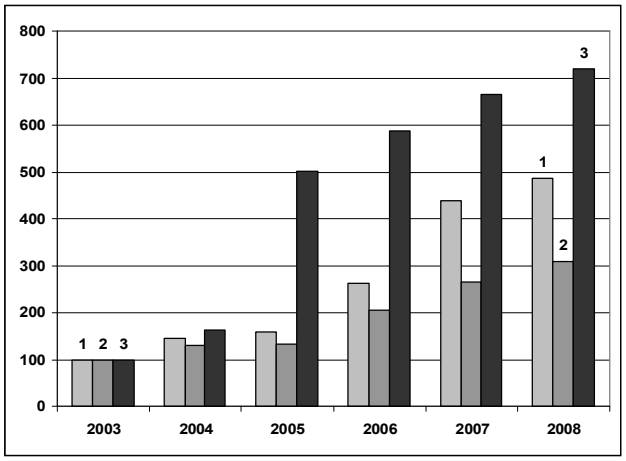


Рис. 1. Соотношение разных форм оказания медицинских услуг по объемам в КБ № 42 с 2003 по 2008 гг., в соответствующих показателях (изменение значений приведено по отношению к показателям в базовом году): *1* – амбулаторно-поликлиническая помощь (количество посещений); *2* – круглосуточный стационар (койко-дни); *3* – дневной стационар (пациенто-дни)

При этом необходимо отметить, что изменение предложения медицинских услуг в сторону стационарзамещающих технологий происходит не по причине недостаточного финансирования (в 2008 г. стоимость койко-дня в Зеленогорске превышает среднекраевую на 30 % за счет индивидуальных тарифов, утвержденных Краевой согласительной комиссией), а исходя из требований экономии ресурсов (рис. 2).

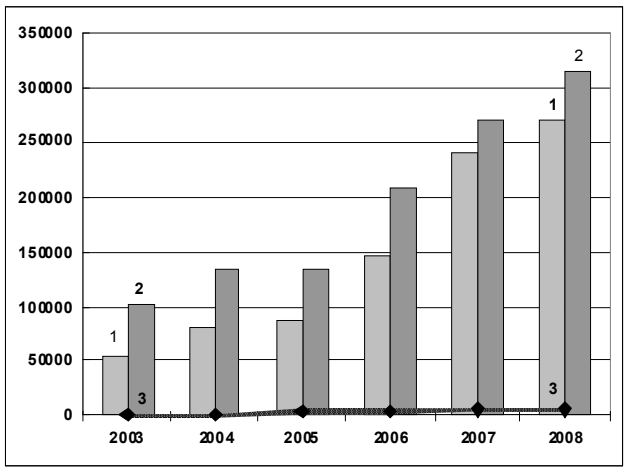


Рис. 2. Соотношение затрат на организацию разных форм медицинских услуг в структуре бюджета КБ № 42 с 2003 по 2008 гг., тыс. руб.

Однако экономическая составляющая в определении формы медицинской услуги однозначно не может быть определяющей. Медицинская услуга, являясь специфическим видом товара, по сути своей определяет и специфичность сегментирования рынка медицинских услуг [2]. Существуют группы потребителей, которые по собственному желанию либо по социальным показаниям могут выбирать форму предоставления медицинской услуги (даже в рамках Программы государственных гарантий).

По мнению авторов, прежде чем сегментировать рынок потребителей, очень важно разобраться в различиях понятий «медицинская помощь» и «медицинская услуга» и определить критерии качества, которыми определяется выбор потребителя.

Когда речь идет о медицинской помощи, то характеристиками ее качества являются адекватность, доступность, преемственность и непрерывность, действенность, результативность, стабильность процесса и результата, постоянное совершенствование и улучшение. Медицинской услуге, как и любой другой, можно приписать неосязаемость, непостоянство качества, несохраняемость, неотделимость от источника. Исходя из этой совокупности характеристик, можно предполагать, какой именно набор будет удовлетворять тот или иной сегмент потребителей.

Как известно, социально-гигиеническое значение медицинских проблем личности может быть рассмотрено с множества позиций, тремя основными из которых являются следующие:

– смертность как процесс умирания;

– утрата здоровья и потеря трудоспособности (болезни, временная и постоянная нетрудоспособность);

– ограничение свободы жизнедеятельности индивидуума (утрата «качества жизни») [3].

Человеческие нужды, условно именуемые медицинскими, правомерно соотнести с обозначенными тремя уровнями социально-гигиенических проблем. При таком подходе выделяются три группы основных нужд и потребностей, так или иначе связанных с необходимостью приобретения медицинских услуг:

– необходимость, желание жить;

– потребность быть здоровым с сохранением трудоспособности, желание возврата к норме при временной потере трудоспособности, желание сохранения определенной «ниши» трудоспособности (при наличии инвалидности);

– потребность наивысшей степени свободы жизнедеятельности (физиологической, социальной), т. е. в этом случае состояние нужды характеризуется желанием достижения наивысшей степени «качества жизни».

Таким образом, в существующей системе предложений медицинских услуг можно выделить три основные направления.

1. Врачебные предложения медицинских услуг по сохранению жизни (в частности, в перинатальном периоде, при экстремальных ургентных состояниях, угрожающих жизни пациента, в преклонном возрасте и пр.). Условно назовем данный сегмент рынка здоровья «сегментом жизни».

2. Врачебные предложения медицинских услуг с целью возврата здоровья, восстановления и сохранения определенного уровня трудоспособности при ее временной потере. Этот сегмент рынка здоровья условно назовем «сегментом болезней».

3. Медицинские услуги, сохраняющие и поддерживающие состояние относительно здорового организма (иммунопрофилактика, диспансеризация и пр.). Этот сегмент охарактеризуем как «сегмент здоровья».

Единого метода сегментирования рынка медицинских услуг не существует. Однако именно сегментация позволяет предоставить медицинскую помощь и с учетом индивидуальности пациента, и с учетом массового потребления медицинских услуг.

Локальные рынки традиционно чувствительны ко многим факторам местного характера, один из которых – платежеспособность населения и предприятий. Именно эти рынки обслуживают локальные сообщества скромным ассортиментом услуг, сдержанно используют новые технологии, финансовые ресурсы и знания. Платежеспособность основной массы российских покупателей сегодня невысока, поэтому ценовой фактор во внутренней конкуренции имеет большое значение [4]. Преимущество в этой ситуации получает предприятие, менеджмент которого обеспечивает приемлемый уровень качества при более низкой цене. Именно на локальном рынке реализуется такой фактор, как стремление к достижению устойчивого развития. Поэтому привлечение дополнительного источника финансирования в форме личных платежей за медицинские услуги сверх Государственной программы гарантий, по договорам с предприятиями, за предоставление медицинских услуг в условиях повышенной комфортности является одним из путей повышения стабильности.

Исследование потребительских предпочтений в Зеленогорске проводится регулярно представителями страховой медицинской организации «Макс-М» как среди стационарных больных, так и среди пациентов поликлиник при помощи опросов и анкетирования [5].

В период становления обязательного медицинского страхования в России Зеленогорский филиал Фонда обязательного медицинского страхования (ФОМС), администрация медико-санитарной части № 42 (МСЧ-42 – нынешняя КБ № 42) и страховое медицинское общество «Макс-М» (СМО) в 1998 г. впервые на территории ЗАТО города Зеленогорска провели социологический опрос городского населения, который должен был определить удовлетворенность жителей организацией медицинской помощи [6]. Анкетирование преследовало две цели: во-первых, изучение степени удовлетворенности населения качеством медицинской помощи, что позволило впервые провести оценку работы лечебно-профилактического учреждения (ЛПУ) с точки зрения пациента, выявить конкретные недостатки в её организации и резервы медицинского обслуживания; во-вторых, исследование информированности населения об имеющихся возможностях медицинского обслуживания в Зеленогорске.

Анализ результатов позволил выявить предпочтение стационарзамещающих технологий в период долечивания у молодого и среднего поколения горожан, ведущих активный образ жизни. Для них основными факторами оценки качества медицинских услуг является профессионализм и отношение врачебного персонала, современные методы диагностики и лечения, доступность медицинской помощи. Ориентация на обозначенные критерии, несомненно, позволила бы значительно экономить средства, сокращая койки круглосуточного стационара.

Удовлетворенность работой разных подразделений всей клинической больницы распределяется следующим образом: поликлиника – 58 %, стационар – 47 %, скорая помощь – 35 %. Для сравнения анкетируемым предлагается оценить работу краевых лечебно-профилактических учреждений, в которые больным приходилось обращаться: «удовлетворены» – 57 %, 40 % вообще не могут дать никакой оценки, поскольку не обращались, а лечились и обследовались только в Зеленогорске [6].

Подобная структура ответов подтверждает гипотезу о том, что объем и качество медицинских услуг на территории города соответствует необходимым стандартам, а вот ожидания пациентов от клиник краевого центра завышены. Особенно это касается внедрения платных услуг и способов их оплаты. Как показали исследования десятилетней давности, ориентация пациента на установление «личных» взаимоотношений с производителем услуги и попытка его заинтересовать приводит к тому, что лишь 40 % пациентов оплачивают услугу через кассу. Остальные 60 % ищут «другие пути» рассчитаться. Данный факт ещё раз указывает на проблему низкой заработной платы медицинских сотрудников, отсутствие мотивации у персонала, сложность контроля взяток в медицинских учреждениях.

Сегодня подобные исследования ориентированы прежде всего на изучение мнений и оценок тех людей, которые наиболее часто обращаются к медикам. В ходе опроса, проведенного осенью 2008 г., использовалась неквотированная случайная выборка. Изучалось мнение пациентов по целому ряду вопросов, посвященных их информированности, удовлетворенности качеством, а также доступностью медицинской помощи, но главная задача – выяснить критерии оценки качества медицинской помощи – то, как это понимают пациенты.

Результаты опроса выявили низкий уровень сервисных услуг в стационаре. Респондентами было отмечено, что их не удовлетворяют санитарно-гигиенические условия, а также питание, предоставляемое в стационарах. Изучение распространенности такого мнения в различных социальных группах респондентов показало, что неудовлетворенность санитарно-гигиеническими условиями в стационарах была наиболее высокой среди пенсионеров (60,5 %) и неработающих горожан (56,2 %).

Во всех группах наблюдается корреляция между понятием «качество медицинских услуг», организацией качественного питания и санитарно-гигиеническими условиями в стационаре. Причиной подобных выводов является монополистическая конкуренция, в которой оказываются исследуемые услуги.

Следует особо отметить изменившееся отношение к платным услугам: в 2008 г. большинство участников опроса отметили, что находясь в стационаре, им не приходилось скрытым образом оплачивать медицинские услуги, а также приобретать самостоятельно лекарства. Немного иная ситуация имеется в случае оплаты обследования или анализов по направлению врача в поликлинике и диагностическом центре. В качестве положительной тенденции можно отметить удовлетворенность пациен-

тов тем, что медицинские услуги на платной основе доступны по цене, но поступило много предложений об увеличении их объема. Менее всего население оказалось удовлетворено результатами медицинского обслуживания в поликлинике (всего 13 % опрошенных). Изучение удовлетворенности пациентов качеством медицинских услуг в конце 2008 г. позволило выявить наибольшую неудовлетворенность среди пенсионеров (90,6 %), а также работающих (87 %) и неработающих граждан (87,5 %).

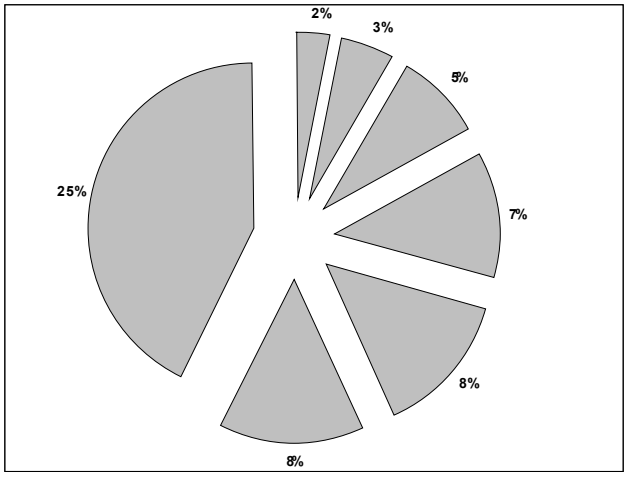


Рис. 3 Структура распределения ответов по важности проблем в медицине для пациентов (Зеленогорск, 2008 г.): 25 % – очереди в ожидании медицинской помощи; 8 % – отсутствие нужных специалистов; 8 % – качество медицинского обслуживания; 7 % – наличие платных медицинских услуг; 5 % – питание; 3 % – грубость медицинского персонала; 2 % – лекарственное обеспечение

Факт трудной доступности к врачам-специалистам отметили 66 % респондентов. Проблема доступности узких специалистов в городе достигла крайней степени, но по структуре ответов можно судить не столько об их малом количестве, сколько о значительном старении населения, нуждающегося в профильном лечении.

Очевидно, что медицинские услуги, направленные на удовлетворение потребностей по повышению качества жизни в современном обществе, именно на «сегменте здоровья» могут характеризоваться высокой рентабельностью. В современных условиях в структуру тарифа таких медицинских услуг, по существу, должны быть заложены экономические издержки производства медицинских услуг, необходимые в двух других сегментах рынка здоровья – «маркетингового сегмента жизни» и «маркетингового сегмента болезней».

Полностью принимая на себя затраты по обслуживанию «нерентабельных» сегментов, клиническая больница № 42 может развивать и собственные платные услуги на сегменте «качества жизни», увеличивая объемы и повышая их качество в соответствии с запросами потребителей, давая при этом врачам возможность подрабатывать, не покидая стен больницы. Качество медицинских услуг при этом по-прежнему определяется экспертами страховой медицинской компании.

Сегодня изучением мнения пациентов занимаются и собственники небольшой сети частных стоматологических кабинетов. Исследования показали, что выбор пациента определяется, во-первых, выбором врача; во-вторых, доступностью (имеется возможность выбора времени посещения); в третьих, – сервисной составляющей. Можно отметить уникальность ситуации изучаемого рынка – стоимость платных стоматологических услуг в поликлинике КБ № 42 выше, чем у частного врача. Бесплатное обслуживание в стоматологической поликлинике требует длительного ожидания в очереди за талоном на разовый прием к врачу. Соответственно, все платежеспособное население города предпочитает обслуживаться у частных стоматологов, тем более что главный фактор – выбор врача – тоже говорит в пользу частных клиник, куда на более высокую зарплату переходят лучшие врачи из КБ № 42 [7]. В соответствии с демографическими изменениями в структуре населения города (отрицательный прирост, значительное постарение), требуются аккуратные расчеты возможного сокращения дорогостоящих, но не эффективных в медицинском плане форм медицинских услуг, что может повлечь за собой социальное напряжение в обществе. Маркетинговые исследования показали, что по мнению пациентов пенсионного возраста, важнейшими критериями при оценке качества медицинской услуги являются санитарно-гигиенические условия содержания больных и качество питания в стационаре, а также отношение среднего медицинского персонала в поликлиниках [5]. Из представленного анализа следует, что для пациентов поликлиники существует прямая корреляция между понятиями «качество медицинской помощи» и «отношение медицинского персонала».

В целом, респонденты приняли активное участие в обсуждении проблем путем ответов на открытый вопрос об улучшении работы учреждения здравоохранения. По аналогии с исследованием десятилетней давности, ответы отражают два основных аспекта в организации медицинских услуг: профессионализм медицинского персонала и условия оказания медицинской помощи.

Если же рассматривать потребителей медицинских услуг с учетом относительно равнозначных характеристик, то фрагментация рынка должна осуществляться по следующим основным направлениям:

– социальным потребностям (круглосуточный стационар предпочтительнее предлагать одиноким пенсионерам, детям из неполных семей и т. д.);

– медицинским потребностям (разная степень тяжести заболевания) [3].

Разработка классификации сегментирования рынка медицинских услуг в Зеленогорске представляется возможной по следующим признакам:

1) по возрастно-половым признакам (мужчины, женщины, дети, подростки, взрослые, престарелые);

2) по декретированным группам (здоровые, больные, работающие в условиях, связанных с профессиональными вредностями, военнослужащие, студенты и т. п.);

3) по нозологическим группам (как частный случай – по группам диспансеризации);

4) по экономическим группам (уровню благосостояния и платежеспособности);

5) по видам медицинских услуг.

Любое из возможных сочетаний указанных признаков даёт в условиях локального рынка точное знание размера изучаемой группы, ее требований к качеству медицинских услуг и возможностей удовлетворения.

Предложенный подход к основам сегментации рынка медицинских услуг в условиях ЗАТО позволяет, в рамках обозначенных направлений, проводить дальнейшие исследования:

– изучать виды спроса на определенный вид медицинских услуг в каждом из сегментов;

– определять точный размер, рост и привлекательность сегмента на рынке здоровья по объективным критериям, используя традиционные медико-статистические показатели и разумно соотнося их с экономическими возможностями потребителей каждого из сегментов;

– исходя из непривлекательности Зеленогорска для внешних инвестиций на развитие платных медицинских услуг, увеличивать объемы их предоставления на базе КБ № 42 по двум причинам: во-первых, клиническая больница в силу территориальной обособленности оказывает медицинскую помощь сразу на трех уровнях – городском, районном, областном, и, во-вторых, ФГУЗ КБ № 42 ФМБА России не подчиняется краевым постановлениям об отмене оказания учреждениями медицинских услуг на платной основе.

Библиографический список

1. Тогунов, И. А. Соотношение и адекватность понятий модели маркетинговой системы и категорий системы здравоохранения, функционирующей в условиях рынка / И. А. Тогунов // Экономика здравоохранения. 1998. № 7. С. 21–26.

2. Шамшурина, Н. Г. Здравоохранение как корпоративная система в составе социальной сферы. Специфика рынка медицинских услуг / Н. Г. Шамшурина // Здравоохранение. 2005. № 8. С. 149–165.

3. Кривенко, Н. В. Особенности применения маркетинга в медицинской деятельности / Н. В. Кривенко // Маркетинг в России и за рубежом. 2008. № 3. С. 110–115.

4. Артюхов, И. П. Проблемы состояния здоровья и здравоохранения закрытого административного территориального образования (ЗАТО) в условиях бюджетного финансирования и медицинского страхования (на модели города Зеленогорска) : метод. рекомендации / И. П. Артюхов, А. А. Мелехов, О. Н. Якименко ; Краснояр. гос. мед. акад. Красноярск, 2000.

5. Якименко, О. Н. Факторы, влияющие на уровень удовлетворенности пациентов качеством медицинской помощи / О. Н. Якименко // Качество жизни населения в транзитивном Российском обществе: правовые, социокультурные и социально-экономические аспекты : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Пенза : Приволжский дом знаний, 2008. С. 153–156.

6. Якименко, О. Н. Результаты социологического опроса / О. Н. Якименко // Актуальные вопросы клинической медицины : сб. тезисов и науч.-практ. работ МСЧ-42. Зеленогорск, 2001. С. 28–33.

7. Баранкин, Б. В. Концепция оценки качества и эффективности медицинской помощи / Б. В. Баранкин, Т. Г. Бутова, О. Н. Якименко // Сфера потребительских услуг: актуальные проблемы и перспективы развития : сб. статей IV Межрегион. науч.-практ. конф. Красноярск, 2008. С. 105.

T. A. Barankina, O. N. Yakimenko

FEATURES OF LOCAL MARKET MEDICAL SERVICES FORMATION

The necessity to segment consumers of medical services at the local market in order to improve the economic efficiency of healthcare is considered. The factors affecting customer satisfaction and accessibility of health service quality are analysed on the basis of marketing research.

Keywords: market segmentation of medical services, customer satisfaction.

УДК 332.14

Г. И. Пободько, О. С. Нагаева

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Проанализированы особенности социально-экономического развития районов перспективного нефтегазового освоения Красноярского края, определена роль нефтегазового комплекса в перспективном экономическом развитии северных районов края, дана оценка потенциальных выгод и издержек активного развития нефтегазодобычи для территорий, приведены рекомендации по усилению социальной направленности механизма регулирования недропользования.

Ключевые слова: нефтегазовые ресурсы, северные районы, социально-экономическое развитие.

Красноярский край обладает значительными ресурсами нефти и газа, что позволяет рассматривать его как перспективный нефтегазовый регион. В настоящее время разрабатываются и начинают реализовываться инвестиционные проекты по освоению нефтегазовых месторождений края. Согласно ведомственной целевой программе «Развитие добычи сырой нефти и природного газа на территории Красноярского края на период 2009–2011 гг.», в 2011 г. по сравнению с 2007 г. объемы добычи нефти будут увеличены в 221 раз, газа – в 4,2 раза. Между тем, развитие нефтегазодобычи будет иметь значительные социально-экономические последствия для территории освоения, носящие как положительный, так и отрицательный характер.

Следует также отметить, что основные нефтегазовые ресурсы сосредоточены главным образом в трех северных районах Красноярского края: Туруханском, Эвенкийском и Таймырском. Данные территории относятся к территориям Крайнего Севера, а также являются территориями, где традиционно проживают коренные малочисленные народы Севера. Это обстоятельство во многом определяет особенности социально-экономического развития данных районов при освоении нефтегазовых ресурсов.

В связи с этим представляется необходимым провести комплексную оценку возможных социально-экономических последствий освоения нефтегазовых ресурсов для северных районов Красноярского края с целью определения оптимальной стратегии недропользования.

Основу потенциала экономического развития Туруханского, Эвенкийского и Таймырского районов составляют их уникальные природные ресурсы, в том числе нефтегазовые.

Рассматриваемые территории относятся к перспективным нефтегазодобывающим районам. На сегодняшний день нефтегазовый сектор играет значительную роль в экономике данных районов, однако роль и значение нефтегазового сектора в социально-экономическом развитии рассматриваемых районов неравнозначна.

Наиболее перспективными для развития нефтегазового сектора с точки зрения наличия разведанных запасов углеводородного сырья являются Туруханский и Эвенкийский районы и дальнейшее развитие данных районов в ближайшей перспективе связано преимущественно с развитием нефтегазового комплекса. Относительно Таймырского муниципального района следует заметить, что несмотря на то, что нефтегазовый комплекс в настоящее время занимает высокую долю в структуре промышленного производства, представляется, что в дальнейшем он все же не будет играть такой определяющей роли, как в Эвенкийском и Туруханском районах. Это связано как с более бедной ресурсной базой, так и с тем, что в данных районах довольно развитыми являются другие отрасли промышленности. В структуре экономики Таймырского района, наряду с нефтегазовым комплексом, ведущую роль будут играть также угольная промышленность и цветная металлургия.

Однако освоение природных ресурсов в северных районах края затрудняется существованием ряда факторов, таких как невысокая обеспеченность трудовыми ресурсами, низкая степень развития производственного потенциала и транспортной освоенности территории, отсутствие у территории собственных финансовых ресурсов и т. д.

Анализ существующего экономического положения рассматриваемых районов показал следующее. Во-первых, собственная промышленная база данных районов развита слабо. Во-вторых, основу экономики территорий составляют природоэксплуатирующие отрасли: в Туруханском и Эвенкийском районах – нефтегазовая; в Таймырском – газовая и угольная. Перерабатывающие предприятия на территории данных районов практически отсутствуют.

Объемы промышленного производства остаются весьма незначительными, а его динамика носит неустойчивый характер и во многом обусловлена состоянием дел в добывающих отраслях.

Сельское хозяйство северных территорий находится в глубоком кризисе. Большая доля посевных площадей сосредоточена в личных подсобных хозяйствах, и подавляющая часть производимой сельскохозяйственной продукции направляется на личное потребление.

В последние 2–3 года наблюдается повышение инвестиционной активности, обусловленное реализацией на территории данных районов крупных инвестиционных проектов, преимущественно в нефтегазоразведке и добыче.

Рассмотрим возможное влияние нефтегазового комплекса на социально-экономическое развитие указанных районов (см. таблицу).

Развитие нефтегазового сектора в данных районах будет иметь следующие положительные последствия для их социально-экономического развития:

– быстрое развитие хозяйства территорий;

– ослабление зависимости от внешних источников сырья и энергии, и как результат – снижение затрат на северный завоз;

– укрепление финансовой базы территории;

– повышение инвестиционной привлекательности территории;

– решение проблемы безработицы;

– повышение уровня доходов населения.

Активное развитие нефтегазодобычи неизбежно повлечет за собой развитие смежных отраслей в районах освоения: дорожной, строительной, нефтеперерабатывающей, потребует создания транспортной инфраструктуры. Рост уровня доходов населения, и как следствие, увеличение платежеспособного спроса, создаст стимулы для развития сферы услуг.

За счет действия мультипликационного эффекта, запущенного в нефтегазодобывающей отрасли, по предварительным оценкам, внутренний региональный продукт возрастет в 3,5 раза. В свою очередь, рост деловой активности значительно повысит инвестиционную привлекательность территорий, что позволит привлечь дополнительные инвестиционные средства в местную экономику.

Основной проблемой социально-экономического развития территорий в условиях Крайнего Севера является обеспечение достойного уровня жизни населения. Данная проблема имеет три важных аспекта:

– поддержание высокого уровня занятости населения;

– обеспечение высоких среднедушевых доходов;

– достижение высокого (по меньшей мере не ниже среднероссийского) уровня развития социальной инфраструктуры.

Отнесение рассматриваемых районов к территориям крайнего Севера, а также специфический состав населения (все районы являются территориями проживания коренных малочисленных народов Севера), обусловливают особое внимание к демографической политике. Здесь важным является не только сохранение высокой рождаемости, но и поддержание определенной возрастной структуры населения.

Анализ демографических и миграционных процессов, происходящих в рассматриваемых районах, свидетельствует о том, что в Туруханском муниципальном районе продолжается снижение численности населения за счет естественной убыли, при этом наблюдается ухудшение возрастной структуры населения, обусловленное снижением доли лиц моложе трудоспособного возраста. Таймырский и Эвенкийский районы являются одними из немногих районов края, где происходит естественный прирост населения. При этом в Эвенкийском муниципальном районе отмечается стабильный рост рождаемости, тогда как Таймырский район характеризуется снижением смертности. Однако в данных районах наблюдается отрицательное сальдо миграции. При этом уезжают в основном люди трудоспособного возраста с детьми. При сохранении данной тенденции в скором времени может возникнуть ситуация старения населения, что в условиях Крайнего Севера носит весьма негативный характер.

Проблема занятости в рассматриваемых районах имеет две особенности. С одной стороны, ощущается острая нехватка квалифицированных кадров инженерных, медицинских, гуманитарных и рабочих специальностей. С другой стороны, в рассматриваемых районах наблюдается довольно высокий уровень безработицы. Во всех районах данный показатель достиг более 7 % от трудоспособного населения и имеет тенденцию к увеличению. При этом уровень скрытой безработицы, по оценкам специалистов, в данных районах составляет 10...12 %. Следует подчеркнуть, что проблема безработицы в указанных районах имеет свои особенности: 1) больший процент безработных зарегистрирован среди коренных малочисленных народов Севера; 2) наблюдается процесс деморализации определенной части населения (склонность к пьянству, нежелание постоянно трудиться и т. п.), вследствие чего у данных лиц весьма низкие возможности (и желание) найти постоянную работу. В результате, в таких районах, как Туруханский и Эвенкийский, наблюдается парадоксальная ситуация: с одной стороны, ощущается значительная нехватка трудовых ресурсов для развивающегося нефтегазового комплекса, с другой – происходит рост уровня безработицы. В связи с этим решение проблемы безработицы в рассматриваемых районах требует особых подходов, связанных главным образом с обучением востребованным профессиям и адаптацией к «цивилизованному» образу жизни коренного малочисленного населения, а также возрождением традиционных видов деятельности.

Активное освоение нефтегазовых ресурсов требует создания новых рабочих мест как непосредственно в неф-

Возможное влияние нефтегазового комплекса на социально-экономическое развитие северных районов Красноярского края

Район	Возможный сегмент нефтегазового сектора	Влияние
Таймырский муниципальный район	Добыча преимущественно природного газа и газового конденсата, в незначительных объемах – нефти	Значительное, но не определяющее. Нефтегазовая отрасль входит в состав двух-трех ведущих отраслей
Эвенкийский муниципальный район	Добыча нефти, природного газа и газового конденсата. Переработка нефти и газа	Определяющие, значительное. Ведущая отрасль экономики. Наличие предпосылок для создания моноотраслевой структуры экономики
Туруханский район	Добыча нефти и природного газа. Переработка нефти и газа	Определяющие, значительное. Ведущая отрасль экономики, Наличие предпосылок для создания моноотраслевой структуры экономики

тегазодобыче, так и в сопутствующих отраслях: нефтегазопереработке и трубопроводном транспорте. Минимальная потребность в дополнительных рабочих местах составляет: в Туруханском муниципальном районе – 3 тысячи, Эвенкийском – 2,5 тысячи, в Таймырском – 1,5 тысячи. Создание такого количества рабочих мест сделает возможным решение проблемы безработицы в данных районах.

Между тем освоение нефтегазовых ресурсов на территории рассматриваемых районов происходит в основном вахтовым методом. Так, только на Юрубченско-Тохомском месторождении трудятся более 300 вахтовиков – наемных работников, приехавших из различных регионов России. Использование преимущественно вахтового метода освоения нефтегазовых ресурсов объясняется не только нехваткой местного трудоспособного населения, но и тем фактом, что при существующей безработице далеко не все местные жители готовы строго соблюдать трудовую дисциплину, сухой закон и отказаться от традиционных сезонных промыслов. Кроме того, у части местного населения отсутствует требуемый уровень подготовки и навыков.

При этом следует отметить, что использование вахтового метода не соответствует интересам сырьевой территории.

Во-первых, данный метод освоения природных ресурсов влечет за собой больший экологический ущерб, так как о бережном отношении к природе в местах проведения работ вахтовым методом не может быть и речи.

Во-вторых, при вахтовом методе доходы, получаемые в виде заработной платы, вывозятся за пределы районов и не участвуют в формировании платежеспособного спроса, что значительно снижает экономический эффект от освоения нефтегазовых ресурсов.

Таким образом, политика в области занятости в добывающих районах должна быть направлена на максимальное использование местных трудовых ресурсов для освоения нефтегазовых месторождений.

С развитием нефтегазового комплекса в районах нефтегазодобычи изменится и структура занятости населения. Прогнозируется, что в Туруханском и Эвенкийском муниципальных районах в нефтегазовом комплексе будет занято до 60 % работающего населения, в Таймырском районе (учитывая приоритет развития угольной промышленности) – до 20 %.

В данных районах по объективным причинам складывается более высокий прожиточный минимум по сравнению с центральными и южными районами Красноярского края. При этом соотношение среднедушевых доходов и прожиточного минимума остается невысоким. Так, в Туруханском районе уровень среднедушевых доходов менее чем в 1,5 раза превышает прожиточный минимум, Таймырском и Эвенкийском районах – чуть более чем в два раза. Сохраняется довольно высокая доля населения с доходами ниже прожиточного минимума: в Таймырском районе 22,9 %, в Эвенкийском районе 25 % (по данным на 2007 г.). Самый высокий уровень бедности наблюдается среди коренных малочисленных народов Севера. Более 50 % представителей этих народностей живет за чертой бедности.

Однако реальный уровень жизни населения определяется не только величиной прямых денежных доходов, но и рядом других факторов, среди которых важнейшее значение имеет состояние и динамика развития социальной сферы.

Состояние социальной сферы в рассматриваемых районах характеризуется как крайне неудовлетворительное.

Уровень обеспеченности населения услугами социальной сферы остается на низком уровне (за исключением Эвенкийского муниципального района). Также следует отметить проблему нехватки квалифицированных кадров в медицине и образовании наряду с их старением. Особенно остро данная проблема стоит в небольших отдаленных поселениях. В связи с этим требуется разработка и реализация программы привлечения молодых специалистов в северные районы края, при этом основной акцент должен быть сделан на решении жилищной проблемы.

Нужно отметить, что в условиях Крайнего Севера в связи с тяжелыми природно-климатическими условиями значимость обеспеченности населения услугами социальной сферы многократно повышается. В этом случае необходимо заблаговременное решение всех вопросов, связанных с обеспечением надежного функционирования всех систем жизнеобеспечения и социальной защиты населения.

Активное развитие нефтегазового комплекса неизбежно влечет за собой рост доходов населения районов освоения, в первую очередь, занятых непосредственно в данной отрасли. На сегодняшний день средняя заработная плата в нефтегазовом комплексе составляет около 40...45 тыс. руб. Рост численности занятых в данной отрасли, структура занятости и уровень заработной платы, а также мультипликационные эффекты влияния нефтегазодобычи на другие отрасли, определяют среднедушевые доходы населения в районах освоения нефти и газа в целом. Они возрастут, при прочих равных условиях, на сумму до 10...15 тыс. руб. в месяц.

Помимо роста прямых доходов населения, увеличится объем финансирования социальных программ и учреждений социальной сферы, поскольку активное развитие нефтегазового комплекса повлечет за собой рост доходной части как регионального, так и местных бюджетов. Ожидается, что доходы консолидированного бюджета края к 2015 г. возрастут на 75...80 % по сравнению с сегодняшним уровнем.

Увеличение бюджетных расходов на финансирование социальной сферы создаст условия для улучшения обеспеченности населения качественными услугами образования, здравоохранения, культуры, социальной защиты.

Рост добычи газа позволит закрыть собственные потребности края в газе и обеспечить газификацию населенных пунктов, что повысит уровень благоустроенности жилого фонда. Кроме того, развитие собственной топливо-энергетической базы и создание нефтегазоперерабатывающих производств позволит обеспечить жилищно-коммунальное хозяйство северных районов края топливными ресурсами, что значительно сократит затраты на северный завоз и таким образом позволит снизить себестоимость оказания жилищно-коммунальных услуг.

Однако в настоящее время имеются все предпосылки для формирования в Туруханском и Эвенкийском районах преимущественно моноотраслевой структуры экономики с ведущей ролью нефтегазового сектора. Данное обстоятельство имеет ряд отрицательных моментов для социально-экономического развития рассматриваемых территорий. Во-первых, устанавливается сильная зависимость развития от состояния нефтегазового сектора, а учитывая нынешнюю структуру данной отрасли – фактически от нескольких крупных вертикально-интегрированных компаний. Во-вторых, учитывая тот факт, что большую часть добываемого углеводородного сырья планируется направлять на экспорт, формируется подчиненность местной экономики конъюнктуре международного рынка нефти и газа. Высокая степень зависимости от одной профилирующей отрасли локальной экономики сама по себе представляет весьма серьезную проблему для района, где добываются природные ресурсы. Но ее острота усугубляется ограниченностью полномочий региональных властей (не говоря уже о местных) в вопросах регулирования недропользования на их территории. Возможности регулирования, которыми в настоящее время располагают регионы, зачастую не позволяют на равных вести диалог с нефтегазовыми компаниями, в полной мере реализовать свое право собственности на недра, получать максимальную отдачу от эксплуатации сырьевого потенциала.

Кроме этого, освоение нефтегазовых ресурсов и сопутствующее этому развитие нефтегазоперерабатывающих производств и трубопроводной инфраструктуры будет иметь ряд отрицательных экологических последствий, связанных с вырубкой лесов, загрязнением почв, вод, изъятием земель, нарушением среды обитания животного мира, снижением продуктивности биоресурсов. Учитывая высокую ранимость экосистем северных территорий и при этом длительный период их восстановления, любое незначительное вмешательство может иметь серьезные экологические последствия.

Так, активные нефтеразведочные работы в Эвенкийском районе уже привели к необратимым последствиям, локальным экологическим катастрофам. Примером тому может служить углубление русла реки Подкаменной Тунгуски в районе с. Ванавара, в результате чего река местами заболачивается; это привело к сокращению срока весенней навигации. Вследствие проведенных подземных ядерных взрывов катастрофически сократился нерест рыбы в заповедной речке Тэтэрэ. На территориях буровых скважин нефтеразведки наблюдается уничтожение и отравление почвенного покрова. Рекреационные работы не производились или проводились в недостаточном объеме, что обусловило потерю продуктивности близлежащих оленеводческих пастбищ и охотугодий. Продолжается хищнический вылов рыбы в период нереста в приграничных местах нефтегазового освоения территорий. Неоднократны случаи отстрела с вертолетов стад домашних оленей, браконьерства. Контрольно-инспекторская работа природоохранных служб в связи с большой территориальной разбросанностью, ограниченностью средств и недостаточным кадровым составом этих служб значительно затруднена. Не способствует ее эффективности и «гуманность» мер административного характера к нарушителям природоохранного законодательства [1].

В свою очередь, нарушение экологического равновесия может отрицательным образом сказаться на здоровье коренного населения, испытывающего, помимо этого, усиленные нагрузки вследствие проживания в суровых природно-климатических условиях. Следует учитывать также тот факт, что традиционное природопользование – охота, рыболовство, собирательство недревесных ресурсов леса – обеспечивает основной или дополнительный доход большинству местного населения, зачастую являясь частью его образа жизни. Поэтому нарушение природной среды, сокращение биоразнообразия и снижение биопродуктивности негативным образом скажется на уровне и качестве жизни проживающего в этих районах населения. Для предотвращения экологического ущерба от освоения нефтегазовых ресурсов на региональном уровне в рамках компетенции субъекта Федерации необходимо разработать пакет документов, ужесточающих ответственность за экологические нарушения. Также имеет смысл рассмотреть вопрос о формировании специального экологического фонда на стадии активного освоения нефтегазовых ресурсов за счет части доходов, поступающих от нефтегазового комплекса. Основным направлением расходования средств данного фонда должно стать финансирование мероприятий по охране и воспроизводству природных ресурсов, а также ликвидации экологического ущерба.

Однако главное негативное последствие освоения нефтегазовых ресурсов края заключается в нанесении ущерба традиционному хозяйству коренных малочисленных народов вследствие изъятия земель родовых угодий, сужения сырьевой базы. Разрушение традиционного хозяйства коренных малочисленных народов приводит к нарушению образа жизни данных народов, утрате источника доходов, потери культурных традиций. Учитывая трудности адаптации данных народностей к новым условиям жизни, это, в конечном счете, вызывает их моральное разложение, алкоголизм и раннюю смертность [2]. В рамках совершенствования взаимоотношений недропользователей и коренного населения, проживающего на данной территории, необходимо выделить следующие приоритеты:

– обеспечение участия представителей коренных малочисленных народов в процессе предоставления прав на пользование недрами, проведении экологического мониторинга, согласовании схем разведки, обустройства и разработки участков недр;

– заключение экономических соглашений между недропользователями и владельцами родовых угодий, предусматривающих возмещение убытков и компенсационные выплаты за изъятие земель;

– разработка нормативов возмещения ущерба, причиненного недропользователями среде обитания коренных малочисленных народов и объектам традиционного природопользования.

Таким образом, активное освоение нефтегазовых ресурсов затрагивает все сферы социально-экономического развития территории. При этом развитие нефтегазового комплекса для северных районов Красноярского

края наряду с положительными последствиями, такими как укрепление финансовой базы территории, повышение инвестиционной привлекательности, решение проблемы безработицы, повышение уровня доходов населения, будет иметь и значительные отрицательные эффекты: установление зависимости от одной отрасли, значительное влияние на местные экономические процессы состояния мировой конъюнктуры рынка, нарушение среды традиционного проживания коренных малочисленных народов Севера и нанесение ущерба их традиционному хозяйству. Принимая во внимание то, что на сегодняшний день для таких районов, как Эвенкийский и Туруханский, освоение нефтегазового сектора является единственной возможностью создания условий и предпосылок их дальнейшего устойчивого развития, необходимо учитывать все потенциальные выгоды и издержки результатов такого освоения. Для этого необходимо совершенствование механизма регулирования недропользования с целью усиления его социальной направленности. Основные положения такого механизма могут заключаться в направлении части рентных доходов от освоения нефтегазовых ресурсов на финансирование программ социально-экономического развития районов освоения; включении в лицензионные соглашения условий по обучению и обеспечению занятости местного населения, в том числе представителей коренных малочисленных народов; прямом участии недропользователей в финансировании социальных проектов в районах нефтегазодобычи.

Библиографический список

1. Поподько, Г. И. Оценка условий реализации инновационно-инвестиционных проектов на территории Красноярского края [Электронный ресурс] / Г. И. Поподько, О. С. Нагаева // Рос. экон. интернет-журн. / Акад. труда и социальных отношений. Электрон. дан. 2009. Режим доступа: http://www.e-rej.ru/Articles/. Загл. с экрана.

2. Поподько, Г. И. Комплексная оценка воздействия добычи нефтегазовых ресурсов Красноярского края на условия проживания коренного населения / Г. И. Поподько, О. С. Нагаева // Пробл. использ. и охраны природных ресурсов Краснояр. края. Вып. 10 / Краснояр. НИИ геологии и минер. сырья. Красноярск, 2008. С. 102–107.

G. I. Popodko, O. S. Nagaeva

ESTIMATION OF THE SOCIAL AND ECOMOMIC CONSEQUENCES OF OIL-GAS RESOURCES DEVELOPMENT FOR THE NORTHEN REGIONS OF KRASNOYARSK TERRITORY

The features of social and economic development of perspective oil-gas regions development of Krasnoyarsk territory are analyzed. The role of oil-gas industrial complex in the perspective economic development of the north regions of Krasnoyarsk territory is defined. The estimation of profits and expenses of active development of oil-gas regions recovering is given. The recommendations about social orientation increasing of the mining mechanism are given.

Keywords: oil-gas resources, north regions, social and economic development.

УДК 338.2

Р. Н. Шевелева

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Рассматриваются разнообразные подходы к определению понятия «регион»; обосновывается целесообразность системного подхода в определении понятия «регион».

Ключевые слова: регион, региональная социально-экономическая система.

Россия – страна, обладающая обширной территорией. Она объединяет субъекты и муниципальные образования, весьма различные по территории, численности и плотности населения, по уровню созданного экономического потенциала, запасам природных ресурсов, климатическим условиям, национальным, культурным и историческим особенностям. Все эти различия порой становятся весьма заметными и масштабными. В настоящее время дифференциация регионов по ряду экономических показателей (уровню жизни, объемам производства на одного человека, объемам инвестиций и т. д.) иногда достигает 30...40 раз. Проблемы и противоречия регионального развития России обусловлены отсутствием стратегии территориального развития страны, невниманием к негативным тенденциям нарастания дезинтеграции и асимметрии территориального развития, скудным арсеналом методов и инструментов государственного регулирования регионального развития. Одним из

основных способов выравнивания регионального развития продолжает оставаться финансовая помощь из вышестоящего бюджета. Однако этот способ уже давно показал свою малоэффективность. Например, в 2007 г. на помощь территориям были направлены сотни миллиардов рублей, но при этом многие из них не только не догнали средний уровень, но еще больше отстали от него. Объем финансовой помощи, направляемой на юг России, постоянно растет, а разрыв между Северным Кавказом и страной практически не уменьшился.

В связи с этим назрела необходимость активизации региональных исследований и разработки новых методов и инструментов государственного регулирования регионального развития.

При рассмотрении различных аспектов регионального управления и методологической базы региональных исследований следует сделать акцент на существующее разнообразие в подходах к определению самого понятия региона, так как выбор подхода определяет и методы государственного регулирования региональным развитием.

В данной работе проанализированы существующие подходы к определению термина «регион», сформулировано определение этого понятия, наиболее полно отражающее современные условия и позволяющее разрабатывать новые методы и инструменты государственного регулирования региональным развитием.

Исторически традиционным считается рассмотрение региона в территориально-географическом контексте. Такого подхода придерживались представители традиционного регионоведения (Р. Изард, Г. Ричардсон, Д. Тейлор и др.), отечественная школа региональной экономики до конца 90-х г., а также практика государственного управления, что отражено в Указе Президента Российской Федерации от 3 июня 1996 г. № 803 «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации».

Рассмотрим существующие трактовки понятия «регион», основанные на территориальном, географическом его понимании.

Согласно трактовке Н. Н. Некрасова, «под регионом понимается крупная территория страны с более или менее однородными природными условиями и характерной направленностью развития производительных сил на основе сочетания комплекса природных ресурсов с соответствующей сложившейся и перспективной материально-технической базой, производственной и социальной инфраструктурой. Основной критерий выделения региона – общность народнохозяйственных задач – основан на совокупности используемых или намечаемых к эксплуатации природных богатств, исторически сложившейся структуре хозяйственной деятельности или плановой структуре экономического развития» [1].

По мнению А. И. Добрынина, «регион – территориально специализированная часть народного хозяйства страны, характеризующаяся единством и целостностью воспроизводственного процесса».

Попытку расширить понятие «регион» предпринимают А. С. Маршалов и А. С. Новоселов. По их мнению, «регион является не только подсистемой социально-экономического комплекса страны, но и относительно самостоятельной его частью с законченным циклом воспроизводства, особыми формами проявления стадий воспроизводства и специфическими особенностями протекания социальных и экономических процессов» [1].

В основу вышеприведенных определений заложен экономический признак, а в качестве главных критериев выделения регионов выступают воспроизводственный цикл и производительные силы территории. Не учтены социально-демографические, экологические, этнокультурные компоненты. Экономическое деление территории страны на регионы не учитывает административно-территориального деления, что, в свою очередь, затрудняет процесс управления регионом.

В работах В. Н. Лексина и А. Н. Швецова регион определяется как административно-территориальное образование или город. Здесь речь идет уже не об экономическом, а об административном районировании, наиболее распространенном в мире. Понятие «регион» отождествляется с понятием «субъект Российской Федерации» и «муниципальное образование».

В Указе Президента Российской Федерации от 3 июня 1996 г. № 803 «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации» регион определен как «часть территории Российской Федерации, обладающей общностью природных, социально-экономических, национально-культурных и иных условий. Регион может совпадать с границами территории субъекта Российской Федерации либо объединять территории нескольких субъектов Российской Федерации».

В основу данной трактовки также заложен административно-территориальный признак, четко определяющий границы региона, учтены различные характеристики территории.

Обобщенно можно сказать, что сущностью понятия «регион» во всех рассмотренных определениях является территория с присущими ей природно-географическими характеристиками и вытекающей из этого специфической направленностью развития производительных сил. Основной аспект экономического анализа сделан на установление присущих региону характеристик, предопределяющих возможности региона. Понимание региона как территории приводит к управлению региональной экономикой извне на основе традиционных инструментов, включающих распределение трансфертов между регионами, выравнивание социально-экономического развития, государственные капитальные вложения.

В соответствии с Конституцией, «Российская Федерация – социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека.

В Российской Федерации охраняются труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда, обеспечивается государственная поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, развивается система социальных служб, устанавливаются государственные пенсии, пособия и иные гарантии социальной защиты».

Следовательно, прогнозируя и планируя, а в конечном счете и управляя развитием материального производства, государство решает и социальные вопросы, так как в противном случае социальная напряженность раз-

рушит не только экономику, но и весь «организм» общества, страны. Таким образом, социальная и производственная (экономическая) сферы жизнедеятельности страны должны рассматриваться в комплексе, как социально-экономическая система.

Если государство заботится в первую очередь о достижении материальных целей, то социальные цели общества отходят на задний план и обеспечиваются государственным бюджетом по «остаточному» принципу, т. е. в первую очередь финансируется и стимулируется экономическая система, а оставшиеся средства достаются социальной сфере.

Но известно, что страна, которая признает только материальные ценности, обречена на упадок, так как без культурных ценностей, без духовности, образованности, без социальной защиты населения, заботы о детях и стариках, заботы о душевном и физическом здоровье, в особенности подрастающего поколения, превращается в безликий, бездушный механизм, производящий материальные ценности, с деградирующим населением.

В истории немало примеров, когда великие империи разрушались, как только духовность покидала общество или правящую элиту. С учетом этого в рамках традиционной экономической теории рассматриваются так называемые общественные товары (блага), которые должны обеспечиваться не экономической (рыночной) системой, а такой нерыночной структурой, как государственные органы, государство. Это и социальная сфера, и экология, и производственная и социальная инфраструктуры, и фундаментальная наука, и обороноспособность страны и т. п.

Но традиционная экономическая теория неправильно расставляет акценты, что является поводом для ее критики большей частью прогрессивных ученых и общественных деятелей.

Рассмотрим основные положения этой критики, начало которой было положено в 70-х гг. членами Римского клуба.

Основываясь на неверных представлениях о целях развития человеческого общества, вся система взглядов традиционной экономической теории «грешит» экономическим рационализмом в ущерб общечеловеческим ценностям и поэтому является идеологической платформой «общества потребления».

Основываясь на «теории индустриализма», признающей основной целью развития общества материальный, или экономический рост, традиционная экономическая теория рассматривает человека как homo economicus, т. е. один из факторов производства. Такое представление о человеке способствует его деградации.

Теория индустриализма уже во второй половине 60-х гг. привела мир к глобальному кризису – демографическому, продовольственному, энергетическому и сырьевому. Назрела необходимость пересмотра целей развития мирового сообщества, каждой страны и региона в отдельности. Цели общества должны быть, прежде всего, духовные, культурные. Индустриализация обязана способствовать достижению этих целей [2].

В связи с этим получил развитие другой подход, предполагающий рассмотрение региона как социальной конструкции на основе различных принципов типологии. Структурирование регионов здесь зависит от характера исследовательской задачи и типологических признаков, лежащих в основе структурирования. Такой подход базируется на предпосылке, что регион представляет собой систему социально-экономического взаимодействия экономических факторов и ее воздействия на пространственные процессы, а не наоборот. Территория с присущей ей природно-географической и экологической спецификой становится одной из характеристик социальной конструкции, которая названа регионом. Границы и иерархия регионов, в свою очередь, определяются исследовательской задачей, научной проблемой. В соответствии с данным подходом регион является экономическим субъектом, который может вести самостоятельную экономическую политику.

В этом контексте существенное значение имеет следующая закономерность, присущая современной Российской Федерации: понятие региона с точки зрения административного деления и экономическое понятие региона как субъекта хозяйственных взаимодействий не совпадают. Выделение в качестве субъектов Федерации регионов, не обладающих адекватным экономическим потенциалом, не позволяет им осуществлять конституционные обязанности по отношению к населению, не дает возможности самостоятельно формировать экономическую политику, направленную на стимулирование деловой активности, привлечение инвестиций, создание инфраструктуры и т. д. [3].

Многочисленность субъектов, их фактическое неравноправие между собой, экономическая несостоятельность многих из них объективно обусловливает необходимость изменений в субъектном составе России в сторону его сокращения через укрупнение его субъектов.

Укрупнение регионов стало актуальным механизмом региональной политики с 2004 г., когда началось объединение автономных округов и «материнских» территорий. Объединение призвано разрешить существующие противоречия в управлении «матрешечными» субъектами Российской Федерации, существующими с начала 1990-х гг. Кроме того, принято считать, что число субъектов Российской Федерации слишком велико, и это снижает эффективность управления. Процесс объединения субъектов Российской Федерации способствует консолидации понятия региона с точки зрения административного деления и экономического понятия региона как субъекта хозяйственных взаимодействий.

Таким образом, в разрезе системного подхода можно определить регион как социально экономическую систему (РСЭС), границы которой совпадают с границами субъекта РФ.

Использование системного подхода в рассмотрении понятия «регион» позволяет применять в региональных исследованиях общую теорию и методы системного анализа.

В общей теории системного анализа системы принято подразделять на физические и абстрактные, динамические и статические, простые и сложные, открытые и замкнутые и т. д. Для выделения типов систем могут использоваться различные признаки (см. таблицу).

Рассмотрим некоторые свойства систем применительно к региону.

Состояние – мгновенная (статическая) характеристика системы, ее параметры, множество свойств, которыми она обладает в данный момент времени. Без знания состояния РСЭС в данный момент принятие обоснованного решения по какому-либо вопросу невозможно.

Поведение – способность и закономерности перехода системы из одного состояния в другое, изменения ее параметров.

Если состояние региональной социально-экономической системы – это ее статическая характеристика, то поведение – динамическая. Анализ ситуации в регионе всегда должен производится в динамике.

Коммуникативность – характеристика степени тесноты связей (коммуникаций) системы с внешней средой. Для региона она весьма велика. Речь идет о производственных, транспортных, культурных, научных, информационных и прочих связях, которые необходимо учитывать в управлении РСЭС.

Устойчивость – важное условие нормальной жизнедеятельности региона. Регион не может и не должен быть чисто равновесной системой: для него важны внешние воздействия, благоприятно влияющие на его изменение и устойчивое развитие. В то же время регион должен быть устойчивым к неблагоприятным воздействиям, т. е. обладать определенным запасом устойчивости.

С устойчивостью системы связано такое ее свойство, как адаптивность – способность приспосабливаться к изменяющимся условиям функционирования.

Самоорганизация – свойство социальных и социально-экономических систем. Люди ставят перед собой частные цели и имеют интересы, далеко не всегда совпадающие с целью системы как единого целого. Для достижения общих целей системы люди должны договориться между собой, в известной мере ограничить свои частные интересы во имя системных (общих) интересов, что и является самоорганизацией. Самоорганизация региона как системы проявляется в формах прямого волеизъявления населения (например, на референдуме, решения которого обязательны для всех), а также в деятельности государственных органов власти, наделенных необходимыми полномочиями от имени населения.

Следующим свойством региона как социально-экономической системы является слабая структурированность. Это означает, что состав подсистем и элементов, а также взаимосвязи между ними характеризуются известной долей неопределенности. Характер структуризации зависит от цели исследования и может осуществляться с разной степенью детализации.

В целях управления регионом в его структуре можно выделить такие подсистемы как города и районы (муниципальные образования), входящие в его состав, а в качестве элементов будут выступать территория с присущей ей природно-географической и экологической спецификой, население, производительные силы и социальная сфера.

Рассмотренная структура позволяет говорить о региональной социально-экономической системе как об определенной части социального, природного, экономического, инфраструктурного, культурно-исторического и, наконец, собственно пространственного потенциалов государства, которые находятся в юрисдикции субфедеральных или местных (муниципальных) органов власти.

Таким образом, в данной работе обоснована целесообразность системного подхода в определении понятия региона, что, по мнению автора, позволит усовершенствовать инструменты управления региональным развитием, которое включает в себя ряд системообразующих преобразований (стремление к структурной сбалансированности, создание недостающих звеньев, преодоление деструктивности отдельных элементов, стимулирование внутри- и межрегиональных связей). Системный подход ориентирует органы государственного управления на раскрытие целостности региона, на выявление многообразных связей в нем и сведение их в

Типология региональной социально-экономической системы (РСЭС)

Классификационные признаки	Типы систем	Тип, к которому относится РСЭС	Обоснование
Природа элементов	Физические (реальные); абстрактные	Физическая (реальная)	РСЭС состоит из материальных элементов. Для нее может быть построено большое количество систем-моделей, различаемых по цели моделирования, по требуемой степени детализации и по другим признакам
Степень изменчивости свойств	Статические; динамические	Динамическая	РСЭС имеет множество возможных состояний, которые могут меняться как непрерывно, так и в дискретные моменты времени
Степень сложности	Простые; сложные; большие	Большая и сложная	РСЭС характеризуется наличием сложной, составной цели или даже разных целей и одновременно многих структур (например, технологической, административной, функциональной и т. д.)
Отношение к среде	Изолированные; закрытые; открытые	Открытая	РСЭС обменивается с окружающей средой энергией и веществом
Реакция на воздействие среды	Активные; пассивные	Активная	РСЭС способна противостоять воздействиям среды (противника, конкурента) и сама воздействовать на нее

единую теоретическую картину. Это позволит выявить внутренние возможности адаптации региона к интенсивно изменяющимся внешним условиям на основе доступных экономических, социальных, политических, культурных механизмов; разработать инвестиционную, социальную и другие политики с учетом территориальной специфики; перенести ряд вопросов государственного регулирования на региональный уровень (малое предпринимательство, охрана окружающей среды, социальное развитие и др.).

Библиографический список

1. Коваленко, Е. Г. Региональная экономика и управление / Е. Г. Коваленко. СПб. : Питер, 2005

2. Егоров, В. В. Прогнозирование национальной экономики / В. В. Егоров, Г. А. Парсаднов. М. : Инфра-М, 2001.

3. Аношкина, Е. Л. Регионосозидание: институционально-экономические основы: монография / Е. Л. Аношкина. М. : Академ. проект, 2006.

4. Тимченко, Т. Н. Системный анализ в управлении / Т. Н. Тимченко. М. : РИОР, 2008.

R. N. Shevelyova

SYSTEM APPROACH AS A BASIS OF METHODS AND INSTRUMENTS WORKING OUT OF GOVERNMENTAL REGULATION FOR REGIONAL DEVELOPMENT

The different approaches to the definition of the concept «region» are considered. The expediency of considering the system approach is substantiated.

Keywords: region, regional social and economic system.

УДК 332.1

Ю. А. Аникина

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ В ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Рассматривается проблема организации управления жилищно-коммунальным развитием административно-территориальных единиц в городской агломерации. Проводится анализ управления жилищно-коммунальным развитием на различных уровнях. Приводятся рекомендации по совершенствованию административно-правового регулирования жилищно-коммунального развития на уровне административно-территориальных единиц в городской агломерации, выработанные в результате исследования законодательства и сложившейся практики органов исполнительной власти в управлении жилищно-коммунальным развитием.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное развитие, административно-территориальная единица, городская агломерация, организация управления.

Жилищно-коммунальный комплекс – это комплекс, без которого практически невозможна жизнедеятельность человека, города, территории. Он требует формирования эффективного механизма взаимодействия научно-производственных организаций с органами местного самоуправления и населением с целью реформирования жилищно-коммунального комплекса для его перевода на качественно новую материально-техническую базу.

Первые шаги в этом направлении были предприняты администрацией Красноярского края 17 апреля 2008 г.: было подписано соглашение между главами административно-территориальных единиц городской агломерации «Об организации и осуществлении межмуниципального инвестиционного проекта „Комплексное развитие Красноярской агломерации на период до 2020 г.“». Проект агломерации объединил семь территорий: города Красноярск, Сосновоборск, Дивногорск, а также Манский, Березовский, Сухобузимский и Емельяновский районы. Одним из направлений социально-экономического развития административно-территориальных единиц в городской агломерации является экономическая выгода от концентрации ресурсов жилищно-коммунального комплекса в пределах компактной территории.

Основу системы управления жилищно-коммунальным развитием представляет принцип разграничения функций федерального, территориального и муниципального управления. Для координации жилищно-коммунального развития на территории РФ существует федеральный орган. Он определяет принцип функционирования рынка жилищно-коммунальных услуг – государственное регулирование. Этот орган управления отвечает за решение проблем, которые касаются не отдельных, а всех

субъектов РФ, а именно проблем научно-технического, законодательного и финансово-экономического плана. Он ответствен за разработку законодательных актов по налогообложению и финансированию, по административным, гражданским, хозяйственным, природоохранным и другим отношениям.

На федеральном уровне управления жилищно-коммунальным развитием (рис. 1) осуществляются следующие мероприятия:

– разработка и обеспечение государственной политики и государственное регулирование жилищно-коммунального комплекса;

– координация деятельности органов управления жилищно-коммунального комплекса субъектов РФ;

– разработка норм, правил, стандартов в сфере жилищно-коммунального комплекса;

– разработка и реализация федеральной жилищной политики;

– разработка и реализация финансово-экономической стратегии жилищно-коммунального развития;

– организация работы государственной жилищной инспекции и территориальных центров лицензирования и сертификации в сфере жилищно-коммунального комплекса.

Россия характеризуется большим разнообразием региональных особенностей, связанных с административными, нормативно-правовыми, климатическими, технологическими отличиями и размерами территорий административно-территориальных единиц. В силу этого в регионах сложились различные схемы административного управления. Существенно различаются и подходы к управлению жилищно-коммунальным развитием на уровне административно-территориальных единиц в городской агломерации. Существуют также значительные технологические особенности предоставления жилищно-коммунальных услуг, которые также могут существенно влиять на подходы к развитию конкуренции и демонополизации в жилищно-коммунальном комплексе. Все это должно учитываться при разработке программ жилищно-коммунального развития в городской агломерации.

На уровне городской агломерации управление жилищно-коммунальным развитием, в том числе координация деятельности по переходу к новым тарифам оплаты жилья и коммунальных услуг, осуществляется органами управления жилищно-коммунального комплекса субъектов РФ, наделенными соответствующими полномочиями.

Органами управления, обеспечивающими решение проблем государственного регулирования жилищно-коммунального комплекса городской агломерации, являются комитеты, министерства, департаменты, управления по жилищно-коммунальному комплексу. Деятельность этих

Рис. 1. Схема управления жилищно-коммунальным развитием на федеральном уровне

органов включает в себя выполнение как функций государственного регулирования и контроля, так и функций хозяйственного управления производственной деятельностью, зачастую осуществляемой этими же организациями.

В основе деятельности этих органов лежит координация взаимодействия всех предприятий жилищно-коммунального комплекса всех административно-территориальных единиц в городской агломерации с органами управления, а также обеспечение и создание нормативно-правовой и методической базы функционирования жилищно-коммунального комплекса (рис. 2).

Для формирования хозяйственного механизма на уровне агломерации необходима децентрализация управления: перенос основных вопросов финансовой, организационно-экономической и организационно-управленческой работы с федерального уровня на уровень городской агломерации.

На уровне городской агломерации по управлению жилищно-коммунальным развитием осуществляются следующие мероприятия:

– анализ тенденции жилищно-коммунального развития, разработка программ жилищно-коммунального развития для городской агломерации, реализация этих программ и единой экономической и технической политики по результатам анализа;

– координация деятельности предприятий жилищно-коммунального комплекса административно-территориальных единиц в городской агломерации, в том числе по подготовке к сезонной эксплуатации и созданию резервных фондов материально-технических ресурсов;

– организация работы государственной жилищной инспекции и объединенной диспетчерской службы, а также лицензирование и сертификация работ и услуг в сфере жилищно-коммунального комплекса;

– разработка проектов законодательных и иных нормативных и правовых актов по вопросам жилищно-коммунального комплекса;

– подготовка и повышение квалификации кадров для жилищно-коммунального комплекса;

– распределение финансовых ресурсов из бюджета на покрытие выпадающих доходов предприятий жилищно-коммунального комплекса в соответствии с социальной политикой государства;

– учет жилищного фонда и недвижимости в этой сфере;

– утверждение социальных стандартов уровня жилищно-коммунальной обеспеченности;

– формирование тарифов на обслуживание объектов жилищно-коммунального комплекса;

– формирование статистики и отчетности по текущей деятельности жилищно-коммунального комплекса в агломерации;

– деятельность по формированию заказов на продукцию для нужд жилищно-коммунального комплекса территории агломерации.

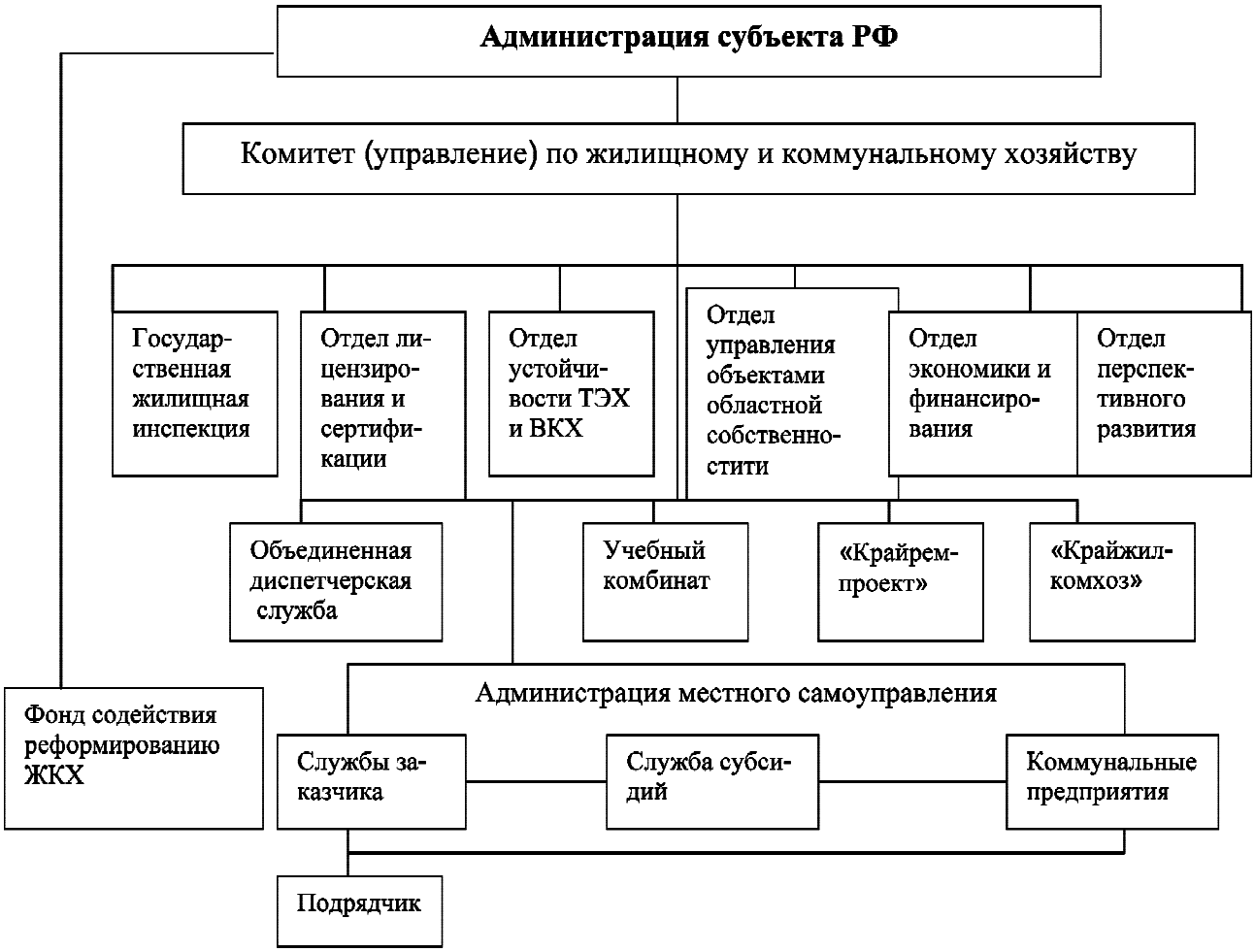


Рис. 2. Схема управления жилищно-коммунальным развитием городской агломерации

В Красноярской агломерации органом управления жилищно-коммунальным развитием является Министерство жилищно-коммунального комплекса – орган исполнительной власти, который осуществляет:

1) нормативное правовое регулирование и функции по разработке государственной политики в области жилищных отношений, за исключением переселения и улучшения жилищных условий граждан, в области регулирования тарифов организаций коммунального комплекса;

2) государственный контроль в области регулирования тарифов организаций коммунального комплекса в части установления тарифов и надбавок органами местного самоуправления;

3) государственный контроль в области применения предельных индексов изменения размера платы граждан за жилое помещение и коммунальные услуги;

4) оказание государственных услуг, управление и распоряжение государственной собственностью в области жилищных отношений, за исключением переселения и улучшения жилищных условий граждан;

5) координацию и контроль деятельности находящегося в его ведении органа исполнительной власти края в области жилищных отношений.

Министерство взаимодействует с федеральными органами государственной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами государственной власти края и иными государственными органами края, органами местного самоуправления, учреждениями, предприятиями и иными организациями, гражданами по вопросам, входящим в компетенцию министерства.

Основным органом исполнительной власти в жилищно-коммунальном комплексе на уровне административно-территориальной единицы в городской агломерации является департамент (комитет или управление) жилищно-коммунального хозяйства. Департамент должен формировать единую политику финансирования жилищно-коммунального комплекса, создавать и осуществлять систему контроля и сопоставления уровня обслуживания жилья в городе. В случае возникновения конфликтных ситуаций между управляющими компаниями – заказчиками услуг и подрядными организациями – поставщиками услуг департамент ЖКХ выступает в качестве арбитра.

Усиление интенсивности жилищно-коммунального развития и достижение целей, стоящих перед руководством в жилищно-коммунальном комплексе административно-территориальных единиц в городской агломерации требует разработки стратегического плана по жилищно-коммунальному развитию.

С целью разработки стратегического плана по жилищно-коммунальному развитию на уровне административно-территориальной единицы в городской агломерации и организации работы по его реализации, в том числе взаимодействию городских административных структур, представительной власти, предпринимательских кругов и общественности, а также других структур, оказывающих влияние на жилищно-коммунальное развитие, может быть создана самостоятельная структура, называемая, например, агентством жилищно-коммунального развития (АЖКР). Среди возможных функций АЖКР необходимо выделить следующие:

1) анализ производственных, финансовых и других ресурсов жилищно-коммунального комплекса;

2) анализ макросреды жилищно-коммунального комплекса (определение «внешних» условий жилищно-коммунального развития);

3) постоянный мониторинг в процессе жилищно-коммунального развития, прогнозирование тенденций на предприятиях жилищно-коммунального комплекса административно-территориальных единиц в городской агломерации;

4) разработка сценариев долгосрочного жилищно-коммунального развития административно-территориальных единиц в городской агломерации, общая оценка затрат и эффекта при их реализации, подготовка предложений по наиболее вероятному сценарию;

5) анализ современного опыта реформирования жилищно-коммунального комплекса, включая схемы финансирования отдельных проектов;

6) построение инвестиционной политики, которая определяла бы отраслевые и другие приоритеты в поиске и реализации инвестиционных проектов с учетом интересов жилищно-коммунального комплекса и потенциальных инвесторов (формирование инвестиционного портфеля);

7) доведение информации до потенциального инвестора о конкретных преимуществах жилищно-коммунального комплекса, перспективах его развития, юридических условиях деятельности, а также о конкретных объектах потенциального инвестирования;

8) разработка и выполнение стратегического плана жилищно-коммунального развития административно-территориальных единиц и привлечение инвестиций для реализации этого плана. Это подразумевает вовлечение потенциальных инвесторов и представителей бизнеса уже на стадии разработки плана;

9) мониторинг хода реализации стратегического плана и его корректировка с учетом изменений внешних и внутренних факторов;

10) взаимодействие при проведении такой работы с администрацией административно-территориальных единиц, предприятиями, банковскими институтами, общественными организациями, научными и образовательными учреждениями;

11) подготовка рекомендаций для местной администрации;

12) экспертиза проектов на предмет их соответствия основным приоритетам стратегического жилищно-коммунального развития.

Юридической формой такой организации может являться «некоммерческое партнерство», которое соответствует цели деятельности – реализации общественно значимых целей – и наиболее адекватно соответствует роли учредителей.

Основным источником финансирования деятельности АЖКР являются взносы учредителей; вступительные взносы юридических и физических лиц, вступающих в партнерство в дальнейшем; ежегодные членские взносы.

В дополнение к АЖКР может быть создан некоммерческий фонд жилищно-коммунального развития, выполняющий следующие задачи:

1) формирование и использование муниципальной собственности;

2) аккумулирование средств на выполнение социальных программ;

3) построение системы управления проектами, соответствующими стратегии ЖКР.

Взаимодействие между фондом и агентством может строиться по следующей схеме (рис. 3).

Фонд, единолично учрежденный и контролируемый администрацией, управляет недвижимостью и финансовыми ресурсами, разрабатывает и осуществляет проекты, подбирает или создает исполнителей. В свою очередь фонд, наряду с местной администрацией и другими равноправными партнерами, входит в состав учредителей АЖКР. АЖКР, проводя аналитические исследования, ресурсный анализ, осуществляя взаимодействие с представителями администрации, бизнеса, общественных организаций, концентрирует всю необходимую информацию для разработки реальных планов, учитывающих имеющиеся ресурсы, возможные инвестиции, потенциальных участников. Используется встречное движение предложений и объединение усилий: с одной стороны, предприятия-учредители, входящие в АЖКР, предлагают собственные проекты, с другой – АЖКР и фонд могут формировать проекты согласно выработанной стратегии и осуществлять подбор исполнителей. В любом случае все реализуемые проекты проходят экспертизу в АЖКР на соответствие стратегии или для ее корректировки.

Результатом деятельности АЖКР является связанная система стратегических, оперативных и тактических планов, утвержденная главой администрации. Результат деятельности фонда – портфель проектов, разбивающих реализацию стратегий на множество шагов и частей, плотно соприкасающихся друг с другом и превращающих планы в реальность. Указанные цепочки являются преимущественно замкнутыми, т. е. в реализации проектов и использовании ресурсов участвуют только партнеры АЖКР или учрежденные фондом предприятия для обес-

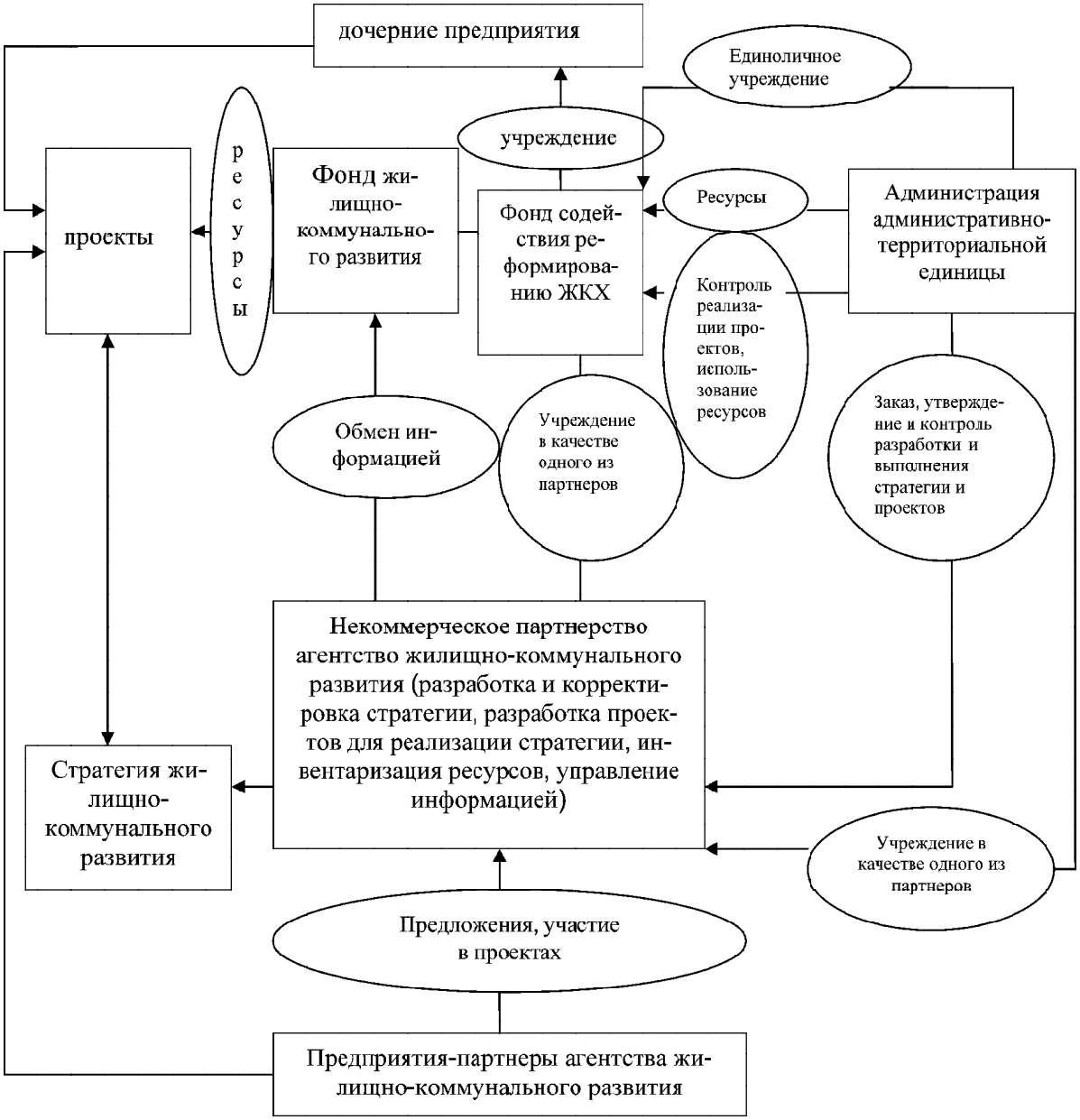


Рис. 3. Схема организации работ по ЖКР на уровне АТЕ в городской агломерации

печения контроля финансовых потоков проектов, целевого использования ресурсов.

Моделируемая фондом система управления проектом позволяет при необходимости гибко изменять состав участников проекта для достижения поставленных целей (например, освоения выделенных земельных участков, завершения строительства и пр.).

Наряду с фондом жилищно-коммунального развития будет осуществлять свою деятельность фонд содействия реформированию ЖКХ, целью которого является создание безопасных и благоприятных условий проживания граждан и стимулирование реформирования жилищно-коммунального хозяйства, формирования эффективных механизмов управления жилищным фондом, внедрения ресурсосберегающих технологий путем предоставления финансовой поддержки за счет средств фонда.

На основе рассмотренных схем организации управления жилищно-коммунальным развитием на федеральном и административном уровнях предлагается создать орган, который будет формировать стратегические планы на уровне городской агломерации.

Задачами этого органа будут осуществление планирования жилищно-коммунального развития в городской агломерации; контроль за выполнением планов; разработка мероприятий, обеспечивающих их выполнение.

Комплексные планы жилищно-коммунального развития в городской агломерации должны охватывать весь спектр проблем жилищно-коммунального комплекса административно-территориальных единиц, входящих в нее. Формируются они на основе планов жилищно-коммунального развития предприятий, научно-исследовательских институтов, учреждений, предприятий и организаций сферы жилищно-коммунального обслуживания, расположенных на территории городов, независимо от их ведомственной подчиненности. В проектах планов жилищно-коммунального развития в городской агломерации должно предусматриваться следующее:

– обеспечение взаимосвязанного и комплексного жилищно-коммунального развития в городской агломерации, сбалансированности потребности в рабочей силе с трудовыми ресурсами, объемов капитальных вложений с мощностями строительных организаций, показателей развития сферы материального производства и показателей развития непроизводственной сферы;

– устойчивое развитие жилищно-коммунального комплекса, совершенствование его структуры и повышение эффективности, укрепление материально-технической базы, углубление специализации и дальнейшее техническое перевооружение инженерного оборудования, улучшение качества жилищно-коммунальных услуг, более полное использование мощностей ТЭЦ и основных фондов, усиление режима экономии;

– решение основных проблем жилищно-коммунальных развития агломерации;

– повышение эффективности капитальных вложений;

– осуществление дальнейшего перехода на возведение жилых домов и объектов культурно-бытового назначения по улучшенным проектам, обеспечение наиболее эффективного использования городских территорий;

– значительное улучшение технического состояния, благоустройства и содержания жилищного фонда города, дальнейшее укрепление и развитие материально-технической базы здравоохранения, просвещения, культуры, сферы торгового, бытового и коммунального обслуживания населения.

На основании вышеизложенного необходимо заключить, что на уровне городской агломерации следует перейти к использованию стратегических планов жилищно-коммунального развития, поскольку с их помощью можно формировать картину будущего городской агломерации и определять этапы его достижения, исходя из имеющихся ресурсов. Для стратегического управления жилищно-коммунальным развитием в городской агломерации необходимо согласовать групповые интересы каждой административно-территориальной единицы, входящей в нее; инвентаризовать реальные ресурсы, ограничения и благоприятные факторы; определить реально осуществимые задачи и цели; сформировать программы и планы действий.

Стратегический план позволит сконцентрироваться на перспективах жилищно-коммунального развития и выявить главные, ключевые факторы. Он не отменяет и не подменяет другие виды планов, не является комплексным планом, а определяет развитие лишь наиболее приоритетных для городской агломерации.

Таким образом, формирование стратегического плана жилищно-коммунального развития и создание АЖКР позволит улучшить управление жилищно-коммунальным развитием административно-территориальных единиц в городской агломерации.

Yu. A. Anikina

ORGANIZATIONAL ASPECTS OF HOUSING-AND-MUNICIPAL DEVELOPMENT MANAGEMENT OF ADMINISTRATIVE AND TERRITORIAL UNITS IN CITY AGGLOMERATION

The organization problem of management by housing-and-municipal development administrative and territorial units in city agglomeration is considered. The management analysis of housing-and-municipal development at various levels is carried out. The recommendations about perfection of administrative-legal regulation of housing-and-municipal development at thelevel of administrative and territorial units in the city agglomeration, legislations developed as a result of research and the developed practice of authorities in management of housing-and-municipal development are resulted.

Keywords: housing-and-municipal development, administrative and territorial unit, city agglomeration, management organization.

УДК 657.6

И. В. Федоренко, Г. И. Золотарева

ПРОБЛЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ АУДИТА

Рассматриваются проблемы стандартизации аудита. Авторы формулируют проблемы стандартизации и возможные пути их решения. Рассмотрение проводится с учетом истории развития аудита в мире и последних изменений в его нормативно-правовом регулировании.

Ключевые слова: аудит, стандартизация.

Аудит – это предпринимательская деятельность по независимой экспертизе бухгалтерской отчетности с целью выражения мнения о ее достоверности.

В более общем виде аудит – это процесс получения, анализа, оценки и контроля неких объективных данных в соответствующей профессиональной деятельности, установление уровня соответствия этой информации определенным критериям, нормам и стандартам. В этой связи выделяют такие отраслевые направления аудита, как кадровый, экологический, социальный аудит и др.

Поскольку аудит – это проверка соответствия стандартам (применительно к аудиту бухгалтерской отчетности – стандартам бухгалтерского учета), то возникает следующий проблемный вопрос: нужны ли стандарты аудита?

На первый взгляд данный вопрос кажется парадоксальным, однако при более глубоком рассмотрении выясняется, что он имеет достаточно серьезные основания. Постановка вопроса связана с необходимостью определения должной степени формализации аудиторской проверки и аудиторской деятельности, ролью профессионального суждения аудитора в планировании и проведении проверки. Чрезмерная стандартизация ограничивает возможность применения профессионального суждения[1], а значит, вступает в противоречие с базовыми принципами аудита – профессиональной компетентностью, объективностью, существенностью.

Этого недостатка большей частью лишены действующие федеральные правила (стандарты) аудиторской деятельности (ФПСАД), утвержденные Правительством РФ. Не секрет, что в основу этих стандартов положен перевод международных стандартов аудита. Однако внутрифирменные стандарты аудита могут содержать детальные методики и технологии выполнения тех или иных процедур, фактически ограничивая аудитора в методике и технологии проведения проверки, особенно с учетом ограниченности во времени на проверку.

Такие ограничения в условиях постоянного применения в аудиторских организациях (так называемый «конвейерный» аудит) неизбежно ведут к выхолащиванию и снижению роли профессионального суждения аудитора как инструмента планирования и проведения проверки. Возможно, это стало одним из факторов того, что с 1 января 2009 г. внутрифирменные стандарты фактически отменены, что связано со вступлением в силу Федерального закона от 30.12.2008 г. № 307-ФЗ «Об аудиторской деятельности».

Таким образом, стандартизация аудита является объективным процессом его развития, однако она должна происходить на научной основе, с учетом практики аудита и необходимости соблюдения его принципов. Целью стандартизации должен быть рост качества аудиторских услуг, и, как следствие, повышение доверия пользователей к бухгалтерской отчетности и улучшение инвестиционно-финансового климата.

С другой стороны, все более глубокая интеграция России в мировое экономическое сообщество предполагает унификацию национальных стандартов как составления финансовой отчетности, так и ее последующего аудита, их максимальное приближение к единым международным требованиям.

Как отмечают А. В. Газарян и Г. В. Соболева, «обновленные (международные) стандарты предъявляют новые качественные требования к общим методам, на которых строится аудиторская деятельность (планирование аудита, сбор аудиторских доказательств, документирование работы аудитора, подготовка аудиторского заключения), а также к подходам, оценке аудиторского риска [1].

В новых МСА (международных стандартах аудита) впервые четко сформулированы как основные (наличие надлежащих документальных оснований для выражения аудиторского мнения и свидетельств того, что аудит был выполнен в соответствии с МСА, законодательством и профессиональными требованиями), так и дополнительные цели документирования аудита. Новыми целями являются возможности предоставления аудиторам нести ответственность за свою работу; сохранения отчета по вопросам, имеющим значение для будущих аудиторских проверок; осуществления внешнего контроля качества опытным аудитором» [2, с. 3].

В развитие МСА в России вводятся новые отечественные федеральные правила (стандарты) аудиторской деятельности (ФПСАД). Так, постановлением Правительства РФ от 22 июля 2008 г. № 557 действующие федеральные правила (стандарты) аудиторской деятельности дополнены тремя новыми стандартами: ФПСАД № 32 «Использование аудитором работы эксперта», ФПСАД № 33 «Обзорная проверка финансовой (бухгалтерской) отчетности» и ФПСАД № 34 «Контроль качества услуг в аудиторских организациях».

[1] В данном случае мы говорим не об ограничении профессионального суждения в выражении мнения об отчетности, а об ограничении применения профессионального суждения аудитора при планировании и проведении проверок. Хотя изменение в планировании и проведении проверки не может не отразиться и на последующем выражении мнения аудитора, однако оценить направленность такого влияния и его последствия в общем виде не представляется возможным.

Новые стандарты, как и ранее принятые, разработаны на базе требований международных стандартов аудита (МСА 620 «Использование работы эксперта»), а также международных стандартов по проведению заданий по обзорным проверкам (МСПОП 2410 «Задания по обзору финансовой отчетности», ранее МСА 910) и международных стандартов по контролю качества (МСКК 1 «Контроль качества для фирм, которые проводят аудиты и обзорные проверки исторической финансовой информации, а также другие задания, обеспечивающие уверенность и связанные с сопутствующими услугами»).

ФПСАД № 34 регулирует требования к организации системы внутреннего контроля качества аудита. Эти требования распространяются на все аудиторские организации вне зависимости от характера оказываемых ими услуг или особенностей применяемой методологии.

Достаточно общий характер регулятивов, изложенных как в международных стандартах финансовой отчетности и аудита, так и в российских федеральных правилах (стандартах) аудита, позволяет обеспечить сбалансированное построение внутрифирменных стандартов российскими аудиторскими организациями.

Можно согласиться с мнением Н. С. Косовой о том, что «иерархия системы внутренних стандартов должна отражать системный подход, учитывающий роль каждого стандарта в обеспечении процесса деятельности аудиторских организаций и взаимосвязи между стандартами; нормативный подход, предполагающий взаимный учет требований разных стандартов и нормативных актов, регулирующих аудиторскую деятельность; функциональный подход, реализующийся в регламентации стадий и объектов аудита; операционный подход, связывающийся с управлением аудиторской организацией.

При этом процесс разработки внутрифирменных стандартов в аудиторской фирме должен опираться на следующие принципиальные условия: четкую иерархичность методологической структуры бухгалтерского учета, отчетности и аудита; разграничение обязательных требований и условий, имеющих рекомендательный характер; определение сферы применения отдельных стандартов; конкретизацию концептуальной основы, позволяющую определить ситуации, к которым следует адаптировать существующие правила; установление критериев профессионального реагирования на противоречия нормативных актов» [2].

Современные историки утверждают, что человечество знакомо с определенными видами учета и отчетности уже не менее шести тысяч лет. Многие фундаментальные экономические процессы и механизмы с безусловным признанием важности учета и контроля рассматривались учеными древнего мира: Платоном, Аристотелем и другими. Аристотель в своей работе «Политика» четко разграничил учетные функции от контрольных, причем он понимал ревизию как часть контроля [3, с. 5].

Первые документы об аудиторах, буквально с этим названием профессии (и даже имена этих аудиторов), найдены в источниках другого конца Европы. Среди наиболее полных источников англоязычных стран, содержащих учетные документы и упоминания об аудиторах, ученые называют архив Казначейства Англии и Шотландии, датируемый 1130 г.; Лондонское Сити подвергалось аудиту по крайней мере в 1200-е гг. [4, с. 23].

Функциональное и организационное обособление аудиторов и бухгалтеров требовало формирования методического и технологического обеспечения деятельности аудиторов, отличного от соответствующего обеспечения деятельности бухгалтеров.

Однако формирование такого обеспечения происходило с существенными отличиями по времени. Если формирование стандартов учета фактически началось еще в XIII в. с появлением «Трактата о счетах и записях» Л. Пачоли, то формирование прообраза первых стандартов аудита принято относить к середине XIX в. с появлением в Англии первых профессиональных объединений аудиторов, в которых были начаты соответствующие исследования, обсуждения и осуществлены публикации.

Лоуренс Дикси, крупнейший авторитет того времени, видел цели ревизий в выявлении подлогов, случайных ошибок и недостатков в организации учета [5].

Монтгомери Р. в 1912 г. написал книгу «Аудит: теория и практика», которая при последующих изданиях получила название «Аудит Монтгомери». В первом издании этой книги он называл американский аудит раннего этапа «счетоводческим аудитом» подчеркивая, что три четверти рабочего времени аудитора уходило на подсчеты и составление бухгалтерских книг [4, с. 24].

Однако темпы развития бизнеса в США резко отличались от британских, для Америки английские методы стали неприемлемыми из-за того, что британский стиль проверки требовал чересчур много времени и средств. Американский аудит вследствие специфики сверхбыстрых темпов роста американского бизнеса конца XIX в. – начала XX в. нуждался в быстрых темпах проведения проверок, а следовательно – в прогрессивных технологиях аудита. Американские аудиторы стали практиковать применение «тестового аудита», сбора свидетельств о деятельности фирмы у партнеров по бизнесу с целью проверки операций. Они начали учитывать интересы инвесторов, уделять все больше внимания оценке актива и пассива и отошли от достаточно преобладающей в английской школе детальной проверки, которую Монтгомери характеризовал как «проверка канцелярской точности» [6]. Таким образом, спрос кредиторов, в основном банков, привел к расширению задач аудита, разработке новых методов стандартизации и новых подходов к ней.

Реальная стандартизация аудита началась в 30-х гг. XX в. и была объективно обусловлена качественно новыми требованиями к надежности бухгалтерской отчетности в условиях охватившей мир Великой депрессии. Как отмечает В. И. Подольский, «в Германии… методика организации внешней аудиторской проверки сформулирована в предписаниях относительно акционерных обществ в 1931 г. Стандартизация аудита в США началась с 1939 г., когда AICPA учредила Комитет по аудиторским процедурам и он издал Положение об аудиторской процедуре (SAP). До 1972 г. вышло 54 положения. Комитет преобразован в Исполнительный комитет по аудиторским стандартам (позже он был переименован в Совет по аудиторским стандартам). Совет обобщил все положения и свел их воедино в виде Положения об ауди-

торской процедуре (SAS) № 1, которое действует в настоящее время» [7, с. 14].

В течение второй половины XX в. сложилась достаточно полная система стандартизации аудита, завершившаяся формированием международных стандартов аудита – МСА. Однако развитие общества, переход в постиндустриальную фазу развития, глобализация и интеграция экономик и систем управления, развитие единого информационного пространства не могли не влиять на развитие учета и отчетности и требований к финансовой информации. Соответственно, менялись требования к учету, отчетности и аудиту.

Как отмечают. А. В. Газарян и Г. В. Соболева, «банкротство таких компаний, как Enron, Worldcom, Swissair, а затем Equitable Life, Reliance Insurance, Superior Bank, Банк „Балтия“, Parmalat и анализ деятельности аудиторских фирм показали, что произошли значительные изменения в мировой бизнес-среде и действующие аудиторские стандарты уже недостаточно адекватны сложившимся событиям.

В целях реформирования международной аудиторской деятельности был принят Закон Сарбейнса–Оксли и пересмотрены существовавшие стандарты» [1, с. 3].

Начавшийся в 2008 г. мировой финансовый кризис констатировал имеющиеся недостатки в учете и отчетности, формировании, представлении и раскрытии финансовой информации, а значит, и в соответствующих стандартах – МСФО и МСА. Соответственно, в ближайшие годы следует ожидать существенных корректировок в этих стандартах.

В развитии и стандартизации аудита в современной России можно выделить несколько этапов. Так, С. П. Суворова выделяет три этапа .

«Первый этап (1987–1993 гг.) характеризуется стихийным зарождением аудита, еще не были упорядочены подготовка кадров, лицензирование и другие необходимые методические и технические вопросы аудиторской деятельности.

На втором этапе (с 1994 г.) до принятия Федерального закона „Об аудиторской деятельности“ от 07.08.01 г. № 119-ФЗ большую роль сыграли Временные правила аудиторской деятельности (утв. указом Президента РФ от 22.12.93 № 2263) и постановление Правительства РФ „Об утверждении нормативных документов по регулированию аудиторской деятельности“ от 06.05.96 г. № 482 и др. Именно в это время систематизируется работа по аттестации и лицензированию аудиторской работы, разработаны и одобрены Комиссией по аудиторской деятельности при Президенте РФ 37 правил (стандартов) аудиторской деятельности, создаются аудиторские общественные объединения и фирмы, определяются основы обязательного аудита и оказания сопутствующих услуг.

Третий этап (с 08.2001 г. по 30.12.2008 г.) начался с принятия Федерального закона от 07.08.2001 г. „Об аудиторской деятельности“ № 119-ФЗ (далее – Закон № 119-ФЗ), что явилось подтверждением становления аудита в России. На этом этапе был принят целый ряд нормативно-правовых актов, регулирующих аудиторскую деятельность на пути интеграции в международную аудиторскую систему. В частности, до 2002 г. применялись стандарты, утвержденные протоколами Комиссии по аудиторской деятельности при Президенте РФ, а с сентября 2002 г. проводилась работа по адаптации национальных стандартов с международными аудиторскими стандартами. В связи с этим пересмотренные федеральные правила (стандарты) аудиторской деятельности утверждены постановлением Правительства РФ от 23.09.02 г. № 696 с последующими дополнениями. Также в августе 2003 г. Советом по аудиторской деятельности при Минфине РФ принят Кодекс этики аудиторов. Таким образом, нормативно-правовое регулирование аудита в России ориентируется на особенности рыночной экономики и международную практику аудита» [8, с. 3]. 31 мая 2007 г. новая версия Кодекса этики аудиторов России одобрена Советом по аудиторской деятельности при Минфине, а 22 июля 2008 г. постановлением Правительства РФ № 557 утверждены Федеральные правила (стандарты) аудиторской деятельности шестой очереди № 32 «Использование аудитором результатов работы экспертов», № 33 «Обзорная проверка финансовой (бухгалтерской) отчетности», № 34 «Контроль качества услуг в аудиторской организации».

Следующий, четвертый этап стандартизации аудита начался с 1 января 2009 г., со вступлением в силу нового закона об аудите – Федерального закона от 30.12.2008 г. № 307-ФЗ „Об аудиторской деятельности”. Этот этап характеризуется повышением роли профессиональных объединений аудиторов, которые должны преобразоваться в саморегулируемые организации аудиторов (СРО), а также изменением системы стандартизации аудита с трехуровневой (федеральные стандарты–стандарты объединений–внутрифирменные стандарты) на двухуровневую (федеральные стандарты–стандарты СРО).

Итак, по результатам исследования проблем стандартизации аудита авторы пришли к выводу, что на начальном этапе внедрения стандартизация способствует росту качества аудиторских услуг. Однако бессистемное применение стандартизации аудита способно нанести ущерб его качеству и вступить в противоречие с базовыми принципами аудита.

Приближенным к идеалу решением этой проблемы могла бы стать вариантность, зафиксированная в стандартах, а также рекомендательный характер отдельных их положений в области методики и технологии планирования и проведения аудиторских процедур, в том числе процедур оценки систем бухгалтерского учета и внутреннего контроля. Вариантность способствовала бы сохранению роли профессионального суждения и оптимизации проверки применительно к масштабам, характеру деятельности экономического субъекта и особенностям функционировании его систем бухгалтерского учета и внутреннего контроля.

Рекомендательный характер также предоставлял бы аудиторам большую свободу в планировании и проведении проверки. В совокупности это обеспечивало бы соблюдение принципов аудита и способствовало росту качества аудиторских услуг.

Библиографический список

1. Газарян, А. В. Практика организации процесса аудита / А. В. Газарян, Г. В. Соболева. М. : Бух. учет, 2007.

2. Косова, Н. С. Стандартизация и организация аудита налоговых обязательств хозяйствующих субъектов : дис.

... канд. экон. наук : 08.00.12. / Косова Нина Степановна. Ростов н/Д, 2003.

3. Родина, Л. Н. Этапы развития бухгалтерского учета : учеб. пособие / Л. Н. Родина, Л. В. Пархоменко. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007.

4. Аудит Монтгомери / Ф. Л. Дефлиз, Г. Р. Дженик, В. М. О' Рейлли, М. Б. Хирш. / пер. с англ. под ред. Я. В. Соколова. М. : Аудит : ЮНИТИ, 1997.

5. Соколов, Я. В. Очерки по истории бухгалтерского учета / Я. В. Соколов. М. : Финансы и статистика, 1991.

6. Никольская, Ю. П. Аудит : учеб. пособие. / Ю. П. Никольская, Е. М. Мерзликина. М. : Изд-во МГУП, 2000.

7. Аудит : учебник для вузов / В. И. Подольский, Г. Б. Поляк, А. А. Савин и др. ; под ред. проф. В. И. Подольского. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ЮНИТИ-Дана, 2003.

8. Основы внутрифирменной стандартизации аудиторской деятельности : учеб. пособие / С. П. Суворова, Н. В. Парушина, Е. В. Галкина, А. М. Ковалева. М. : Форум : Инфра-М, 2007.

I. V. Fedorenko, G. I. Zolotareva

ON STANDARDIZATION PROBLEMS OF AUDIT

The standardization problems of audit are considered. The problems of standardization and possible solutions are formulated. The review was conducted taking into account the historical development of audit in the world and recent changes in its regulation.

Keywords: audit, standardization.

УДК 377.12

Г. П. Беляков, Е. Б. Химин

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Формулируются основные актуальные проблемы действующей системы экономических отношений в российском профессиональном образовании. Исследуются причины возникновения данных проблем. Раскрывается сущность проблем современной модели экономической системы профессионального образования.

Ключевые слова: система экономических отношений, бюджетное финансирование, заказ.

Роль профессионального образования в экономическом и социальном развитии государства предопределяет приоритетность этой сферы деятельности в подавляющем большинстве стран современного мирового сообщества. Сферу профессионального образования необходимо рассматривать как приоритетную, увязывая финансирование профессионального образования с его экономической отдачей и эффективностью, с ростом конкурентоспособности национальной экономики, социальными и экономическими потребностями регионов, отраслей промышленности, отдельных граждан и общества в целом. Модернизация сферы профессионального образования в России обусловлена переходом к информационному обществу и рыночными преобразованиями. Модернизация направлена на то, чтобы поднять профессиональное образование на качественно новый уровень, обеспечить серьезные структурные преобразования в экономике, быстрое развитие наукоемких отраслей, создать мощный научно-технический потенциал и значительно укрепить позиции государства на мировых рынках.

В наследство Российской Федерации досталась масштабная и разветвленная система профессионального образования. В нашей стране для профессионального образования, как, впрочем, и для других социальных и даже производственных сфер, подлинно научных методов экономического управления не существовало. Хронологически реформирование отечественной высшей школы началось раньше радикальных преобразований в экономике и до начала обновления государственного устройства России. По существу, это исторический прецедент, поскольку реформы в профессиональном образовании в различных странах всегда следовали за серьезными экономическими и политическими трансформациями. Отсюда и многие специфические проблемы современной отечественной системы профессионального образования, от решения которых зависят не только ее собственные перспективы, но и во многом будущее российского государства и его человеческий потенциал. Профессиональное образование в поисках своего места в обновляемом обществе уже прошло некоторый путь, двигаясь по нему преимущественно методом проб и ошибок, прямо и не всегда продуманно заимствуя зарубежный опыт. Однако эти усилия, не подкрепленные реальной поддержкой государства, не могли остановить нарастание кризиса в системе профессионального образования страны.

Если в Советском Союзе государство вмешивалось в образование постоянно и довольно успешно (разумеется, с позиции оптимизации его под свои текущие задачи), то в России с начала 1990-х гг. можно выделить только три значительных системных воздействия (два из которых еще не завершены):

– принятие Закона «Об образовании», открывшего дорогу свободе выбора образовательной программы, рыночным отношениям, экономической и академической самостоятельности части государственных образовательных учреждений (1992);

– введение Единого государственного экзамена (2000–2009);

– вхождение России в Болонский процесс и переход на двухступенчатую систему высшего образования.

Значительная часть других запланированных системных воздействий осталась на бумаге, будучи отвергнута или выполнена формально (2004–2012).

Можно выделить три основных причины неудач системных воздействий. Это, во-первых, игнорирование интересов субъектов, участие которых в запланированных изменениях критично; во-вторых, недостаточное ресурсное обеспечение перехода к новым институтам; в-третьих, неэффективность управления изменениями (невыделенность задач управления изменениями от задач текущего управления; отстранение общественных и частных субъектов, заинтересованных в изменениях, от участия в управлении процессом).

Система профессионального образования не может быть переведена в новое качество без учета интересов трех основных субъектов: учащихся и их семей; профессионального сообщества преподавателей; работодателей. Значительная часть этих субъектов может и должна быть вовлечена в управление изменениями.

Принятие в июле 1992 г. Закона Российской Федерации «Об образовании» явилось важной вехой в становлении новой системы экономических отношений в образовании. Закон устранил многие несоответствия в предлагавшейся ранее модели экономической системы в профессиональном образовании, конкретизировал и приблизил к существующим реалиям целый ряд ее ключевых моментов, придал юридическую силу новым экономическим решениям.

Базовая для всех отраслей социально-культурной сферы модель экономической системы была в излишней степени приближена к аналогичной модели, сконструированной и предназначенной для промышленного производства, работающего в условиях плановой экономики. Тех условий давно нет. Ошибка разработчиков касается правомерности использования при проектировании отраслевой системы экономической модели для профессионального образования образца, взятого из промышленности. При этом она заключалась даже не столько в выборе образца, сколько в степени его копирования при проектировании новой системы экономической модели для профессионального образования. «Снимая кальку» с промышленности, разработчики экономической модели для профессионального образования должны были учесть его специфику и уже, во всяком случае, в аспекте экономической деятельности, не рассматривать учреждения профессионального образования как частный случай промышленных предприятий. Этого, однако, сделано не было. Концепция экономической модели профессионального образования была заимствована полностью, без существенных изменений. В результате, предназначенная для профессионального образования отраслевая экономическая модель с момента своего появления была наделена принципиальным дефектом, который, естественно, не может быть устранен посредством корректировки второстепенных деталей.

Учреждение профессионального образования, безусловно, – не промышленное предприятие. Здесь иные цели функционирования, другие связи между полезным эффектом деятельности и ее финансовыми результатами.

Если в промышленности финансовые результаты, как правило, отражают степень успешности выполнения производственной единицей ставящихся перед ней задач, то в профессиональном образовании это совсем не так. Здесь, при действующей экономической модели, финансовые трудности скорее испытывают те учреждения, работники которых концентрируют основные усилия на повышении качества своей основной педагогической деятельности, а не те, в которых руководители и трудовые коллективы, пренебрегая подчас именно качеством «обязательных» образовательных услуг, нацелены на всемерное привлечение внебюджетных средств за счет оказания различных дополнительных, в том числе и образовательных услуг.

Предположение же о том, что у «хороших» учреждений производство образовательных услуг будет расширяться, а у «плохих» – сокращаться из-за оттока потребителей, что в результате обеспечит финансовое благополучие первых и будет стимулировать к более качественной работе вторых, совершенно не выдерживает критики. Прежде всего, для включения подобного механизма требуется наличие у потребителя возможности реального выбора. Практика же показывает, что такой возможности у подавляющего большинства потребителей образовательных услуг просто нет.

Вместе с тем, современная система экономических отношений в профессиональном образовании «сконструирована» таким образом, что и приток потребителей в учебное заведение вовсе не гарантирует последнему финансового благополучия.

Современная система экономических отношений в профессиональном образовании вообще не стимулирует производителей образовательных услуг к достижению высоких качественных результатов в их основной педагогической деятельности.

Финансируемая из бюджета основная деятельность учебных заведений профессионального образования является государственным заказом. Но в отличие от госзаказа в промышленности, этот госзаказ в профессиональном образовании непрестижен и экономически невыгоден производителям. А так как выражается он только в объемных показателях: количестве обслуживаемых контингентов и времени их обслуживания, то, естественно, у производителей образовательных услуг создается возможность «экономии» сил на качественных параметрах своей работы.

Однако недостатки действующей в настоящее время в профессиональном образовании системы экономичес-

ких отношений этим не ограничиваются. Она, по существу, не обеспечивает и широко декларировавшейся защиты прав учреждений профессионального образования в их взаимоотношениях с учредителями и органами государственного управления.

Так, одним из прав учреждений профессионального образования, как известно, является право на получение от учредителя достаточных ассигнований на покрытие всех расходов, связанных с нормальным функционированием этих учреждений. Иными словами, если расходы обоснованы, они должны быть профинансированы.

Субъективные факторы, обусловливающие более высокий уровень затрат одних образовательных учреждений в сравнении с другими, также не всегда могут быть квалифицированы как случайные и отрицательные. Так, учреждение, располагающее высококвалифицированными педагогическими кадрами, уже в силу этого имеет более высокую потребность в средствах, чем аналогичное учреждение, общий уровень квалификации педагогического персонала которого ниже.

В результате, на практике осуществляется широкая дифференциация размерности бюджетного финансирования по отдельным образовательным учреждениям. И вот здесь все уже полностью зависит от воли вышестоящей организации. Учреждение профессионального образования в данном случае бесправно, так как его участие в определении размера бюджетного финансирования действующими нормативными актами не предусмотрено. Напротив, Закон РФ «Об образовании» прямо относит определение объемов финансирования образовательных учреждений к исключительной компетенции органов государственной власти. В силу этого учреждению профессионального образования остается только «право» просить вышестоящую организацию увеличить ему объемы ассигнований.

Точно так же обстоит дело и с защитой права учреждений профессионального образования на получение полного объема бюджетного финансирования в случаях привлечения этими учреждениями дополнительных, внебюджетных средств.

Причины этих явлений в целом ясны. Действующая в профессиональном образовании система экономических отношений создавалась в условиях угасания «реального социализма» с его гипертрофированной централизацией управления и другими экономическими перекосами. Именно такая картина складывается при внимательном рассмотрении современной модели экономической системы в профессиональном образовании, в ходе разработки которой учреждения профессионального образования попросту «награждались» правами. Так, в условиях, в общем-то небольшой, но в то же время весьма заметной демократизации управления отраслевой экономикой, часть новых прав учреждения профессионального образования получили из обширного набора прерогатив своих вышестоящих организаций. Другие же права были «сконструированы» в процессе работы над новой отраслевой экономической моделью. При этом «образцы», как правило, брались из других сфер экономической деятельности и, как показал затем опыт, большинство этих заимствований оказалось необоснованным. Такие «права», казавшиеся весьма привлекательными в документах, на деле просто не могли быть реализованы. И это, конечно, мешало и мешает руководителям учреждений профессионального образования в их повседневной экономической работе.

В последнее десятилетие много пишется о том, что профессиональное образование находится в рыночных отношениях, а образовательные услуги являются товаром. Все это так. Но следует иметь в виду и то, что за товар надо платить. Причем эта плата должна, как минимум, покрывать издержки производства, иначе последнее теряет для производителя всякий смысл. А что происходит в профессиональном образовании? Государство делает заказ на образовательные услуги, причем заказ императивный, который каждое учреждение профессионального образования обязано выполнять, и платит при этом в размере, достаточном для покрытия текущих расходов, связанных с образовательным процессом и эксплуатацией зданий, сооружений и штатного оборудования.

Таким образом, действующая в профессиональном образовании система экономических отношений не обеспечивает учреждениям профессионального образования их несомненного права на получение за свои услуги такого вознаграждения, которое, как минимум, полностью покрывало бы их производственные издержки. Иными словами, бюджетное финансирование госзаказа на образовательные услуги безусловно должно покрывать полностью все обоснованные затраты каждого конкретного учреждения профессионального образования, связанные с выполнением данным учреждением предусмотренных этим госзаказом объемов работ.

Не обеспечивает действующая в профессиональном образовании система экономических отношений и защиты прав собственности учреждения профессионального образования.

В соответствии с Законом РФ «Об образовании», за каждым учреждением профессионального образования, в целях обеспечения его уставной деятельности, учредитель закрепляет на правах оперативного управления определенные объекты собственности (землю, здания, сооружения, оборудование, а также другое необходимое имущество потребительского, социального, культурного и иного назначения). При этом учреждения, естественно, принимают на себя ответственность перед собственниками в сохранности и эффективном использовании закрепленной за ними собственности.

Кроме того, каждому «образовательному учреждению принадлежит право собственности на денежные средства, имущество и иные объекты собственности, переданные ему физическими и (или) юридическими лицами в форме дара, пожертвования или по завещанию; на продукты интеллектуального и творческого труда, являющиеся результатом его деятельности, а также на доходы от собственной деятельности образовательного учреждения и приобретенные на эти доходы объекты собственности» [1]. Таким образом, в процессе деятельности у всех учреждений профессионального образования со временем обязательно формируется, как минимум, два вида объектов собственности: непосредственно принадлежащие данным учреждениям и находящиеся у них

в оперативном управлении. Вместе с тем, конкретных механизмов дифференциации этой собственности и защиты прав учреждений пока что нет.

Существенным недостатком действующей в профессиональном образовании экономической модели является ее явно недостаточная проработка в деталях.

По существу, совершенно не проработан в настоящее время механизм распределения средств внутри образовательного упреждения. Сегодня, в период мирового финансового кризиса, когда финансирование профессионального образования ведется только по защищенным статьям, проблема на практике не выглядит актуальной. Однако со стабилизацией экономического положения отрасли она, несомненно, приобретет значительную остроту.

Несомненно, актуализируются и проблемы обеспечения финансовых расчетов качественными финансовыми нормативными показателями. Причем это не только проблема определения размерности пресловутого норматива бюджетного финансирования, которая в настоящее время, кстати, совершенно не проработана.

В целом, причины бросающейся в глаза недоработанности отраслевой экономической модели обусловливаются, на наш взгляд, как объективными, так и субъективными факторами. К первым следует отнести трудности, связанные со все еще неустоявшимся отечественным экономическим законодательством, когда нормы экономических взаимоотношений меняются слишком часто и порой кардинально. Ко вторым – извечное российское стремление решить проблему как можно быстрее, в самые сжатые сроки, а затем исправлять допущенные просчеты. Все это, собственно, и наблюдается в настоящее время в экономике профессионального образования.

Жизнь, однако, требует, чтобы система экономических отношений была четко отрегулирована, а экономическая система была бы именно системой, а не заменялась «декларацией о намерениях», как это имело место, например, в известном приказе № 45 Гособразования СССР, и в какой-то степени сохранилось в Законе РФ «Об образовании». И сегодня для профессионального образования требуется такая модель системы экономических отношений, которая бы позволяла отрасли не только выжить, но и развиваться, двигаться вперед. А для этого, несомненно, нужны новые подходы, может быть, нетрадиционные решения, а главное – продуманная и выверенная концепция построения этой модели.

В настоящее время никто не будет оспаривать той очевидной истины, что в основу данного баланса должны быть положены требования, предъявляемые к системе профессионального образования потребителями ее услуг. А эти требования в основном заключаются в следующем. Потребителю важно, чтобы система профессионального образования обеспечивала ему возможность получения качественных (как он, потребитель, это себе представляет) образовательных услуг и в том объеме, в котором эти услуги ему требуются (опять же с его, потребителя, точки зрения). Это можно сказать и об обществе в целом (так называемый социальный заказ), и об отдельном индивидууме или же группе индивидуумов.

Потребителю важно также, чтобы средства, затрачиваемые им на получение образования, использовались рационально, не растрачивались впустую и тем более не расхищались, так как все это сказывается на стоимости предоставляемых ему услуг.

Таким образом, потребитель образовательных услуг задает рамочные требования к системе, и его, в принципе, устроит любая система экономических отношений в профессиональном образовании, которая обеспечит ему удовлетворение его образовательных интересов.

Экономические интересы учебных заведений находятся в иной плоскости. Учреждениям важно, чтобы их деятельность была обеспечена необходимым количеством денежных средств, чтобы они обладали определенной свободой в маневрировании имеющимися в их распоряжении ресурсами в соответствии со складывающейся производственной обстановкой, и чтобы их экономические права строго соблюдались. Система экономических отношений в профессиональном образовании должна, безусловно, удовлетворять этим интересам, иначе о ее эффективности не может быть и речи.

Интересы же руководящих инстанций могут быть отдифференцированы. В той части, где органы управления образованием выражают потребности общества («социальный заказ»), они выступают, по существу, в роли представителей «коллективного заказчика», а для них важно, чтобы система профессионального образования обеспечивала необходимый объем и требуемое качество образовательных услуг, а также, что особенно важно, чтобы эти услуги соответствовали не только сегодняшним, но и перспективным запросам социально-экономического развития страны (региона). Именно поэтому данная группа интересов, наверное, наиважнейшая в экономической системе профессионального образования и необходимо создавать условия наиболее полного ее удовлетворения.

Таким образом, формирование в профессиональном образовании современной отраслевой экономической модели предполагает приоритетный учет в ней интересов потребителей образовательных услуг и создание наиболее благоприятных условий функционирования для производителей этих услуг, т. е. для учреждений. Собственные требования управленческих структур, основанные на их «внутренних» интересах, в данном случае имеют, безусловно, второстепенное значение, хотя, конечно же, их также нельзя сбрасывать со счетов.

Такой подход к построению иерархической шкалы приоритетов при формировании модели отраслевой системы экономических отношений в профессиональном образовании, как показывает изучение вопроса, ставит две проблемы: как обеспечить наиболее полный учет интересов различных групп очевидно неоднородной совокупности потребителей и каким образом оптимально распределить прерогативы внутри экономической системы отрасли. Мировой опыт знает два пути передачи социального заказа профессиональному образованию. Первый предполагает выражение интересов общества через проявление интересов его отдельных членов, когда свободный выбор индивидуумов задает общий вектор развития системы профессионального образования, и общество, в лице государства, лишь корректирует его. Второй путь характеризуется тем, что государство само

определяет рамки выбора образовательных услуг и лишь в тех случаях, когда интересы значительной части индивидуальных и групповых потребителей в них не укладываются, оно изменяет эти рамки или же, как это чаще бывает на практике, принимает меры, направленные на трансформацию индивидуальных запросов потребителей в желаемом направлении.

Для организации экономических отношений в профессиональном образовании выбор между названными выше вариантами решений проблемы имеет весьма существенное значение, так как именно он, по существу, определяет всю систему распределения ресурсов в отрасли. Так, в тех случаях, когда в качестве основного «выразителя» социального заказа на профессиональное образование выступает государство, практически не может быть и речи об использовании в отрасли каких-либо иных схем распределения бюджетных ассигнований, помимо прямого финансирования учреждения профессионального образования, т. е. прямого финансирования непосредственных производителей образовательных услуг со всеми вытекающими отсюда последствиями.

К существенным диспропорциям в развитии системы профессионального образования может также привести и слепое следование принципам распределения средств в отрасли, в зависимости от непосредственного волеизъявления каждого потребителя образовательных услуг. Применительно к нашей стране, безусловно, можно констатировать, что к сожалению, основная масса населения еще не научилась принимать продуманные и ответственные решения по многим жизненно важным вопросам, а главное, не привыкла нести ответственность за свои непродуманные действия.

В целом же, предлагаемый эволюционный путь развития распределительных отношений в профессиональном образовании выглядит наиболее приемлемым еще и потому, что в крайне сложной социально-экономической обстановке в условиях мирового кризиса нецелесообразно коренным образом изменять имеющийся порядок вещей и вводить новшества, не прошедшие проверку в ходе серьезной экспериментальной работы.

Таким образом, изучение отраслевой специфики показывает, что в профессиональном образовании рыночные механизмы саморегулирования системы зачастую не срабатывают, и поэтому они должны быть продублированы механизмами административного регулирования. Например, конкурентная борьба между учреждениями профессионального образования, по существу, не создает здесь стимулов для повышения качества работы, практически не обеспечивает оптимизации отраслевой структуры, не способствует снижению себестоимости образовательных услуг. Все это показывает, что вряд ли имеет смысл изобретать здесь какие-либо хитроумные, но сомнительные в отношении экономической целесообразности и действенности построения, направленные на «включение» именно экономических механизмов регулирования системы.

Формируя новую отраслевую модель системы экономических отношений в профессиональном образовании, необходимо иметь в виду, что учреждения профессионального образования отнюдь не являются организациями, финансируемыми лишь потому, что они функционируют. В отличие, например, от управленческих структур, учреждения профессионального образования производят хотя и весьма специфическую, но тем не менее вполне определенную товарную продукцию –- образовательные услуги. Поэтому неправомерно говорить о финансировании деятельности этих учреждений, так как заказчик оплачивает вовсе не ее, а получаемые им услуги. И здесь возникает комплекс вопросов, связанных с организацией оплаты образовательных услуг, выполняемых в рамках государственного заказа.

Дело в том, что при сегментации рынка образовательных услуг, когда цены в его отдельных секторах устанавливаются под воздействием различных факторов и, как правило, на весьма неодинаковом уровне, происходит естественная дифференциация видов деятельности учреждений профессионального образования на «выгодные» и «невыгодные». А так как, в силу объективных причин, самыми низкооплачиваемыми видами работ являются те, которые выполняются в рамках государственного заказа, т. е. основная образовательная деятельность государственных учреждений профессионального образования, то в итоге за счет них и происходит перераспределение усилий педагогических работников в пользу деятельности коммерческого плана – дополнительных платных услуг, в том числе и образовательных. В настоящее время эта и без того сложная ситуация усугубляется еще и тем обстоятельством, что оплата императивного для учреждения профессионального образования государственного заказа осуществляется не просто ниже уровня оплаты дополнительных услуг, но и за рамками допустимого минимума, т. е. ниже издержек на их производство.

Государство объявило бесплатность начального, общего, среднего (полного) общего образования, начального, среднего, высшего и послевузовского профессионального образования в государственных и муниципальных образовательных учреждениях, и оно обязано, как это делается в любом правовом обществе, оплачивать соответствующие образовательные услуги как минимум на уровне их себестоимости выполнения требований государственных образовательных стандартов. Конечно, для того чтобы полностью устранить различия в «выгодности» работ, необходимо финансировать основную деятельность государственных и муниципальных образовательных учреждений (госзаказ) по расценкам, сопоставимым со средними рыночными ценами на соответствующие образовательные услуги. Но это, видимо, дело неблизкого будущего. Вместе с тем, в любом случае необходимо соблюдать минимум расходов на реализацию государственных образовательных стандартов, так как за этим порогом начинается снижение качества профессиональной подготовки и естественная деградация этой важной отрасли народного хозяйства. А для того чтобы выдерживать необходимые параметры экономического обеспечения государственных образовательных стандартов и системы профессионального образования в целом, мало иметь эффективные инструменты определения реальных потребностей ее структурных элементов и адекватные им механизмы распределения средств. Ничего этого современная модель системы экономических отношений в

профессиональном образовании, к сожалению, не содержит. Инструменты выявления обоснованных потребностей учреждений профессионального образования попросту не определены, поэтому, например, планирование и ведется от достигнутого уровня, а не исходя из базовой потребности 100-процентного обеспечения выполнения государственного образовательного стандарта. Механизмы же распределения средств здесь целиком строятся на использовании так называемых нормативов финансирования – показателей, имеющих в настоящее время такую чудовищную степень агрегации разнохарактерных расходов, которая уже сама по себе в принципе исключает возможность качественного определения их количественных значений.

Реформы в экономике профессионального образования к настоящему времени, безусловно, назрели. Однако ознакомление с перечисленными выше документами показывает, что предлагаемый в них комплекс мер по формированию эффективной системы экономических отношений в профессиональном образовании явно недостаточен, а главное – в нем мало новых идей. Все это вызывает опасения, что построение на данной основе «новой» модели системы экономических отношений в профессиональном образовании не даст ожидаемого эффекта.

В XXI в. спрос на образование будет неуклонно возрастать. В этих условиях задача профессионального образования состоит в том, чтобы адекватно реагируя на общественные и экономические потребности, расширять и качественно совершенствовать профессиональную подготовку и переподготовку специалистов. Это предполагает реформирование организационно-экономических основ профессионального образования, которое развивает и приумножает интеллектуальный потенциал человека – важнейший ресурс экономики.

G. P. Belyakov, E. B. Khimin

PROBLEMS OF THE ECONOMIC REATIONS SYSTEM IN VOCATIONAL TRAINING

The basic urgent problems of working system of the economic attitudes in the Russian vocational training are formulated. The reasons of occurrence of the given problems are investigated. The essence of problems of modern model of economic system of vocational training is opened.

Keywords: economic relations system, budgetary financing, order.

УДК 377.12

Е. Б. Химин

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассматривается актуальная в данное время концепция построения системы экономических отношений в профессиональном образовании на основе утвержденных норм и нормативов обеспечения государственных образовательных стандартов профессионального образования. Предполагается новая методика расчетов потребности учебных заведений профессионального образования в материальных и финансовых ресурсах для осуществления профессиональной подготовки в соответствии с утвержденными государственными образовательными стандартами, на основе утвержденных норм и нормативов.

Ключевые слова: государственные образовательные стандарты, нормы и нормативы обеспечения.

Построение концепции новой системы экономических отношении в профессиональном образовании предполагает в настоящее время решение нескольких принципиальных вопросов.

В соответствии с существующими в рыночных условиях экономическими процессами в системе профессиональной подготовки необходимо изменить само содержание этого процесса, а именно процесс планирования. Теперь в целях повышения качества профессиональной подготовки необходимо, чтобы процесс планирования, в первую очередь, был сориентирован на нормативное обеспечение выполнения требований государственных образовательных стандартов, а не на распределение в системе профессионального образования централизованных ресурсов между субъектами экономических отношений по принципу от достигнутого уровня затрат за прошлый период.

Но при этом на сегодняшний день отсутствует единая экономически обоснованная модель-методика расчетов потребности материальных и финансовых ресурсов для осуществления профессиональной подготовки в соответствии с утвержденными государственными образовательными стандартами на основе норм и нормативов. Это не позволяет осуществить обоснованные экономические расчеты.

Между тем, стоимость профессиональной подготовки любого уровня, исходя из того или иного государственного образовательного стандарта, можно просчитать достаточно точно. Нет трудностей и с определением единой экономически обоснованной модели-методики расчетов потребности финансовых ресурсов. Во всяком случае, математическая сложность расчетов не выходит здесь за рамки нескольких арифметических действий, проблема в другом: необходимо определить натуральные нормы материального обеспечения образовательного процесса. Для этого нужна не математическая модель, а серьезная аналитическая работа по существующей практике профессиональной подготовки по той или иной профессии или специальности.

При планировании необходимо осуществлять более демпфированные расчеты и обязательно с применением научно обоснованных норм и нормативов обеспечения, в том числе и материальных, определенных по отдельным целевым направлениям. Только в этом случае может быть достигнут высокий уровень достоверности составляемых финансово-экономических планов. Но для этого необходима качественная нормативная информация. А ее-то в настоящее время и нет.

Применяемые сейчас в финансовой работе методики планирования бюджетных расходов учреждений профессионального образования, к сожалению, ни по каким параметрам не могут быть квалифицированы как качественные и научно обоснованные. Ориентированные исключительно на весьма ограниченные финансовые возможности государства и регионов, они, по сути дела, являются лишь инструментами реализации на практике пресловутого остаточного принципа финансирования отрасли, который, как очевидно, совсем не ушел в прошлое. Вместе с тем, необходимость стабилизации и развития экономической инфраструктуры профессионального образования предъявляет к нормативной базе экономических расчетов в отрасли целый ряд требований.

Прежде всего, нормы и нормативы, используемые в финансово-бюджетной работе в отрасли, должны быть проводниками государственной политики в области минимально необходимого обеспечения профессионального образования. Их задача в данном аспекте состоит в том, чтобы создавать у трудовых коллективов учреждений профессионального образования заинтересованность в качественном проведении основной учебной деятельности, стимулировать руководителей учреждений и работников экономических структур отрасли к эффективному хозяйствованию. Для этого нормы и нормативы должны, как минимум, обеспечивать адекватность уровня финансирования реальным потребностям учреждений профессионального образования.

Таким образом, требованием, которому должна соответствовать нормативная информация, используемая в финансово-экономических расчетах в профессиональном образовании, является требование точности и оптимальности количественных величин норм и размерности нормативов.

Часто эти два понятия в бюджетном нормировании неотделимы. Однако их необходимо различать. Под точностью количественных величин норм и размерности нормативов, с нашей точки зрения, следует понимать их соответствие реальным потребностям финансируемых учреждений, определенным в расчете на единицу нормирования. Однако величина этих потребностей не однозначна. Она может определяться как в максимальном (обоснованно максимальном), так и в минимальном (обоснованно минимальном) размерах. При этом все зависит от выбора критерия определения потребностей.

Отраслевые органы профессионального образования при нормировании, как правило, рассчитывают эту потребность по максимуму и не всегда считаются с реальными экономическими возможностями ее удовлетворения. Финансовые органы, напротив, стремятся занизить эту потребность, нередко отодвигая уровень нормы и норматива даже за грань обоснованного минимума. В результате возникает необходимость поиска компромисса с принятием решения в рамках допустимых значений. Это и дает «оптимальные» нормы и нормативы, которые устраивают и систему профессионального образования, и финансовое ведомство.

Однако созданные в определенных исторических условиях точные и оптимальные бюджетные нормативные показатели даже в условиях вполне стабильного развития экономики, в силу изменения содержания профессиональной подготовки, не могут длительное время отвечать этим критериям. Научно-технический прогресс и изменение экономической ситуации обусловливают большую динамичность как потребностей пересмотра самих государственных образовательных стандартов профессионального образования, так и финансовых возможностей государства, а это, в свою очередь, вызывает необходимость пересмотра норм и нормативов.

Вместе с тем, динамичность нормативной информации ни в коей мере не означает непрерывной изменчивости норм и нормативов. Это, безусловно, динамика дискретного типа, когда каждая норма и норматив на протяжении какого-либо, индивидуального в каждом конкретном случае отрезка времени, остается неизменным, стабильным.

Более того, стабильность норм и нормативов на всем протяжении установленного срока их действия – важное условие эффективности нормировании, так как чрезмерно частое изменение норм и нормативов (например, в процессе исполнения бюджета) приводит к неустойчивости условий хозяйствования и неизбежно нарушает баланс в системе экономических отношений в отрасли.

Исследования показывают, что применяемые в настоящее время в практике финансово-экономического планирования в профессиональном образовании нормы и нормативы далеко не всегда отвечают этим требованиям.

Недостатки современной нормативной базы финансово-экономического планирования в профессиональном образовании вызываются рядом причин, не последнее место среди которых занимает научная непроработанность проблемы.

Анализ современного состояния бюджетного нормирования и практики финансовой и экономической работы в профессиональном образовании, изучение имеющейся специальной литературы по данной проблематике показывает, что теоретические и методологические

вопросы нормирования бюджетных расходов на профессиональное образование исследованы в настоящее время недостаточно.

Вместе с тем, нельзя не согласиться с мнением видного отечественного экономиста, профессора М. К. Шерменева, констатировавшего в конце 80-х гг., что одной из важнейших и нерешенных задач финансовой науки является создание теории финансового нормирования. Что мы знаем о ней из финансовой науки? К сожалению, очень мало. Существует даже путаница в самой терминологии и, в частности, мы не имеем единого мнения о различиях между нормой и нормативом [1].

Ограниченность объема данной работы не позволяет сколько-нибудь подробно остановиться на рассмотрении вопроса о дефинициях в бюджетном нормировании, поэтому отметим лишь, что в целом мы согласны с мнением профессора М. К. Шерменева, предлагающего следующим образом развести понятия нормы и норматива: первая представляет собой «установленную величину материальных или трудовых ресурсов, рассчитанных на ту или иную единицу», а второй – установленное законодательно или административно «количественное выражение материальных ценностей или денег, рассчитанных на какую-то единицу по действующим нормам» [1].

Рассмотрим теперь вопросы определения этих параметров (здесь и в дальнейшем мы будем понимать под термином «нормативные показатели» совокупность как бюджетных норм, так и бюджетных нормативов).

Разработка любого финансового нормативного показателя предполагает решение трех основных вопросов: обоснованного выбора единицы нормирования, обеспечения адекватности норматива реальному уровню затрат в течение планового периода и определения степени дифференциации составляющих затрат в процессе расчета количественной величины показателя. Решение последнего вопроса определяет выбор методов расчетов.

Изучение различных аспектов выбора единицы нормирования позволяет сделать вывод о том, что основным критерием пригодности того или иного производственного показателя деятельности учреждения для выполнения функций единицы нормирования затрат является удовлетворение следующему требованию: между изменениями численности единицы нормирования и величины расходов, определяемой с помощью нормативных показателей, установленных из расчета на эти единицы, должна иметься непосредственная связь,

Однако данному требованию могут соответствовать несколько вариантов выбора единиц нормирования. Например, норматив учебных расходов в профессиональном образовании можно определить, с одной стороны, из расчета на одну группу или из расчета на одного учащегося (студента), и с другой стороны, норматив можно определить исходя из образовательной программы, разработанной в соответствии с тем или иным государственным образовательным стандартом профессионального образования, и исходя из норм материального обеспечения образовательного процесса. И в том и в другом случае выбор единицы нормирования с рассматриваемой точки зрения будет правильным. Это, однако, не означает, что в обоих случаях оптимальность вариантов нормирования адекватна. Дело в том, что под действием ряда второстепенных факторов нормировать расходы на учебный процесс, например, в настоящее время целесообразно исходя из образовательной программы, разработанной на основе государственного образовательного стандарта, а затем произвести расчет на одну группу и далее на одного обучаемого. Важнейшим из этих факторов является номенклатура производственных (оперативно-сетевых) показателей, используемых в практике финансово-экономического бюджетного планирования расходов учреждений профессионального образования. Таким образом, второе правило выбора единицы нормирования может быть сформулировано следующим образом: в случаях экономической правомерности нескольких вариантов определения единиц нормирования расходов выбор должен быть остановлен на том варианте, который в большей степени согласуется со структурой показателей, используемых в процессе финансово-экономического бюджетного планирования расходов определенного типа бюджетного учреждения, реализующего тот или иной набор образовательных программ.

Следует, однако, отметить, что это правило справедливо лишь в том случае, когда два или несколько вариантов нормирования экономически допустимы. Во всех других случаях ориентация на сложившуюся систему показателей не оправданна, и, в интересах повышения качества финансово-экономического бюджетного планирования и бюджетного нормирования расходов учреждений профессионального образования, потребуется ввод в расчетные и отчетные финансовые формы соответствующих показателей.

Значительные трудности вызывает выбор единицы нормирования в тех случаях, когда затраты, объединяемые нормативным показателем, зависят от различных, не связанных между собой факторов финансово-хозяйственной деятельности учреждений. Эти трудности возникают тогда, когда допускается исключение из второго правила экономического обоснования агрегации бюджетных показателей, предусматривающего объединение в одном показателе только тех затрат, которые могут качественно нормироваться в расчете на общую единицу. В подобных случаях (например, при разработке агрегированного норматива прочих хозяйственных расходов образовательных учреждений) определение единицы нормирования, отвечающей основному требованию экономической обоснованности выбора данного параметра норм в отношении всей совокупности агрегируемых затрат, не представляется возможным. В результате возникает необходимость либо разукрупнить (дезагрегировать) норматив, либо определить единицу нормирования, отвечающую основному требованию экономической обоснованности в отношении большинства (по удельному весу) объединенных им затрат. Это положение может быть определено как третье правило обоснованности выбора единицы нормирования.

Помимо этих основных положений, единица нормирования должна во всех случаях отвечать следующим общим требованиям: ее величина должна быть фиксированной; определение численности единиц нормирования (показателей) должно быть несложным на всех уровнях

финансово-экономического бюджетного планирования, на которых используются установленные в расчете на них бюджетные показатели, и обеспечивать высокую точность исходной информации расчетов сумм ассигнований на профессиональное образование.

Одним из важнейших вопросов бюджетного нормирования является вопрос дифференциации нормативных показателей. Дифференциация нормативных показателей позволяет учитывать индивидуальные особенности деятельности учреждений, обеспечивая реализацию основной функции бюджетного нормирования – создания максимально-достижимого уровня адекватности удовлетворения потребностей, необходимых для выполнения государственных образовательных стандартов профессионального образования.

Следует, однако, отметить, что теоретическая сторона данного аспекта бюджетного нормирования в настоящее время остается малоизученной. Нет разработок многих основных положений дифференциации бюджетной нормативной информации.

С нашей точки зрения, дифференциацию бюджетной нормативной информации следует понимать как способ разработки нормативных показателей, позволяющий учитывать различия видов учреждений, характер их деятельности и условий функционирования как факторов, влияющих на уровень материального и финансового обеспечения и соответственно на уровень затрат.

Потребность в дифференциации вызывается необходимостью учета объективных различий в уровнях однородных затрат однотипных бюджетных учреждений.

В зависимости от профиля профессиональной подготовки, наличия разных профессий и специальностей, дифференцируются почти все бюджетные нормативные показатели. Вызывается это особенностями деятельности разнопрофильных учреждений, предопределяющими неадекватность однородных потребностей различных по профилю учреждений в средствах. Но и учреждения одного профиля деятельности по целому ряду затрат (хозяйственным расходам, расходам на приобретение оборудования и инвентаря и др.) имеют различную потребность в средствах, также неодинаковы условия их деятельности.

В зависимости от характера учитываемых факторов, дифференциация бюджетных нормативных показателей может быть постоянной или временной. Первая обусловливается необходимостью учета воздействия на уровень расходов учреждений профессионального образования постоянных факторов, таких, например, как географические или климатические условия, особенности режима функционирования, вторая – стремлением ликвидировать какие-либо диспропорции в развитии отдельных звеньев сети учреждений.

Следует отметить, что для каждого вида расходов вопрос о необходимости и степени дифференциации нормативных показателей должен решаться индивидуально, с учетом значимости факторов, влияющих на уровень этих затрат. Индивидуальность решения данных вопросов обусловливается невозможностью установления каких-либо количественных критериев необходимости и определения степени дифференциации норм и нормативов. Очевидно лишь, что при решении этих вопросов следует прежде всего ориентироваться на экономическую целесообразность дифференциации, имея в виду тот эффект, который может быть получен с ее помощью в каждом конкретном случае.

Важнейшим вопросом расчета агрегированного нормативного показателя расходов является определение степени дифференциации составляющих затрат. Дело в том, что высокая степень агрегации предполагает включение в состав норматива затрат, размеры которых детерминируются различными факторами. Зачастую эти факторы действуют совершенно независимо друг от друга, оказывая воздействие на размеры только определенных видов расходов. Выявление при этом какого-либо «синтезированного» показателя воздействия всех структурообразующих факторов на величину затрат учреждения профессионального образования или совокупности учреждений ограничивает выбор методов нормирования одним – отчетно-статистическим, т. е. исключает всякий выбор. По существу, предопределяется планирование от достигнутого уровня, качество которого общеизвестно.

Поэтому для того, чтобы обеспечить высокий уровень нормирования и планирования расходов, необходимо вычленить в их общей сумме отдельные группы, дифференцированные по признаку общности факторов, детерминирующих уровень затрат. Нормирование при этом должно осуществляться в отдельности по каждой группе расходов, а нормативный агрегированный показатель будет определяться как сумма приведенных к общей единице нормирования частных нормативных показателей. Только при таком порядке нормирования может быть осуществлено качественное целевое прогнозирование нормативов, а также обеспечена возможность быстрой корректировки показателей в случаях изменения условий функционирования данной экономической системы.

Анализ факторов, влияющих на уровень затрат по отдельным целевым направлениям, показывает, что при расчете норматива бюджетного финансирования целесообразно осуществлять на основе суммы величины укрупненных нормативов бюджетного финансирования (отдельных составляющих) учреждений профессионального образования по следующим видам расходов, а именно:

– расходам на реализацию образовательной программы (государственных образовательных стандартов);

– социальным расходам – стипендия, питание (для НПО), социальные выплаты сиротам и т. д.;

– расходам на содержание имущественного комплекса;

– расходам капитального характера (приобретение учебного оборудования, капитальный ремонт здания и т. д.)

Рассмотрим существующие методы бюджетного нормирования.

В современной практике бюджетного нормирования используются два основных метода определения нормативных показателей: расчетно-аналитический и отчетно-статистический.

Расчетно-аналитический метод наиболее прогрессивен и научно обоснован. Он базируется на сочетании строгих технико-экономических расчетов величины того или иного вида затрат с анализом условий деятельности бюджетных учреждений, объективного процесса роста расходов этих учреждений и резервов экономии материаль-

ных и финансовых ресурсов. Однако данный метод имеет объективно ограниченную сферу применения (не всегда имеется возможность осуществления технико-экономических расчетов) и относительно трудоемок. Трудоемкость расчетно-аналитического метода нормирования и отсутствие необходимого для его применения кадрового потенциала вынуждает финансовые органы использовать при нормировании расходов менее обоснованный и точный, но в то же время и значительно более простой отчетно-статистический метод.

При отчетно-статистическом методе нормирования расходов бюджетных учреждений нормативные показатели определяются исходя из отчетно-статистических данных о фактических расходах (в абсолютных и относительных величинах) материальных и финансовых ресурсов за истекшие периоды. При этом расчет средних ведется, как правило, по упрощенной методике, с минимальным анализом экономической ситуации. Естественно, что качество нормативной информации, разрабатываемой посредством данного метода, значительно ниже качества показателей, определяемых расчетно-аналитическим методом.

Причиной невысокого качественного уровня создаваемых посредством этого метода показателей является то, что, во-первых, они базируются на отчетных данных, которые характеризуют обстановку в прошлом, но не в настоящее время, а, во-вторых, на количественные величины получаемых нормативов оказывают влияние случайные факторы. Кроме того, и это, наверное, главное, что отчетно-статистический метод нормирования предполагает наличие в будущем тех же тенденций изменения расходов, которые имели место в прошлом. А это, как известно, далеко не так.

Поэтому очевидно, что в целях улучшения качества финансового нормирования бюджетных расходов учреждений профессионального образования необходимо максимально расширить сферу применения в расчетах нормативных показателей расчетно-аналитического метода. Отчетно-статистический метод, видимо, может использоваться лишь в отдельных случаях, когда применение расчетно-аналитического метода невозможно или нерационально.

С учетом вышесказанного, нам представляется более перспективным подход к решению задачи с принципиально иных позиций: целесообразно рассчитывать не средние нормативы бюджетного финансирования, а средние показатели фактических расходов в разрезе реализуемых учреждением образовательных программ на основе государственных образовательных стандартов, а также по типам учреждений профессиональной подготовки. Норматив нужен в первую очередь для обеспечения хотя бы какого-нибудь соответствия его размера реальным потребностям конкретных учреждений, так как уровень необходимых расходов для них всегда индивидуален и зависит от тех специальностей (профессий), по которым осуществляется профессиональная подготовка.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Нормативный метод планирования затрат на профессиональное образование в расчете на одного студента, предусмотренный законодательством, до настоящего времени практически не работает из-за отсутствия утвержденных федеральных нормативов минимального бюджетного финансирования учреждений профессионального образования, которые должны ежегодно устанавливаться Федеральным законом и являться минимально допустимыми при проектировании бюджетов разных уровней.

2. Несмотря на отсутствие определенного государством минимального порога ассигнований, в отдельных регионах нормативный метод используется на практике в различных вариантах, что обусловливает множественность региональных подходов к методике нормирования затрат и фактический разброс удельной обеспеченности сферы профессионального образования в расчете на одного студента.

3. Принятый на сегодняшний день порядок финансирования и контроля расходования средств учреждений профессионального образования является по сути затратным, стимулирующим увеличение расходов, и никак не связан с результатами деятельности, ни на уровне учреждений профессионального образования, ни на уровне региональной системы профобразования.

Все это предопределяет необходимость формирования новой системы экономических отношений, адекватной современным условиям хозяйствования.

Построение концепции такой системы предполагает в настоящее время решение нескольких принципиальных, но мало проработанных в отечественной экономической литературе вопросов. Это вопросы обоснования границы допустимого воздействия рыночного механизма на профессиональное образование; обоснования соотношения роли государства и рынка в сфере регулирования экономических отношений в отрасли; выявления оптимального баланса интересов участников образовательного процесса в системе; выработки действенной стратегии перевода отрасли с одной экономической системы на другую; определения рационального соотношения рыночных механизмов саморегулирования системы и административных методов ее регулирования; определения допустимых границ «коммерциализации» в деятельности учреждений профессионального образования организационных структур; выявления эффективных механизмов распределения и перераспределении средств в отрасли.

Для оценки обоснованности нормативных показателей предлагается использовать комплексный метод анализа, основанный на принципе их декомпозиции и последующего рассмотрения уже по отдельным элементам – норме, единице нормирования, размерности, периоду нормирования. Рассмотрение обоснованности показателей поэлементно позволяет не только детально изучить исследуемый объект и выявить имеющиеся в нем недостатки, но и вскрыть причины этих недостатков, а стало быть, определить пути их устранения.

Особенно важно в настоящее время иметь возможность точно определять размерность нормативных показателей. Исследуя в этой связи современные методы расчетов бюджетной нормативной информации – расчетно-аналитический и отчетно-статистический – можно сказать, что в том виде, в котором эти методы применя-

ются в настоящее время, они не способны обеспечить качественного нормирования расходов на профессиональное образование, а самое главное, определить минимальную стоимость реализации государственного образовательного стандарта любого уровня.

При разработке нормативов минимального бюджетного обеспечения учреждения профессионального образования необходимо планировать уровень финансирования по каждому коду экономической классификации бюджета РФ на основе совместного применения нормативного, расчетно-аналитического, опытно-статистического и коэффициентного методов в отношении соответствующих групп расходов, учитывая при этом достаточность бюджетного финансирования в предшествующие прогнозному периоды.

Финансовые расчеты, выполняемые с использованием научно обоснованных частных норм и нормативов по определенным видам затрат, помимо прочего, создают эффективную систему выравнивания уровней удовлетворения обоснованных потребностей учреждений профессионального образования, работающих в разных условиях.

Таким образом, в данной работе рассмотрен ряд проблем и предложены пути совершенствования системы обеспечения профессионального образования на основе разработки новых подходов к экономическому обеспечению государственных образовательных стандартов, а также представлены разработанные подходы, принципы, структура, понятийный аппарат норматива бюджетного финансирования, в основе которого лежит дифференциация стоимости государственного образовательного стандарта профессионального образования (образовательной программы).

Все это позволит гарантировать государственным учреждениям профессионального образования участие государства, работодателей и других юридических и физических лиц в эффективном их функционировании.

Библиографический список

1. Шерменев, М. К. Теоретические аспекты оздоровления финансовых отношений / М. К. Шерменев // Финансы СССР. 1988. № 7. С. 41–45.

E. B. Khimin

ECONOMIC ENSURING OF STATE EDUCATIONAL STANDARDS IN VOCATIONAL TRAINING

The concept of economic relations system construction in vocational training on the basis of the confirmed norms and specifications of the state educational standards of vocational training maintenance is considered. A new calculation technique of requirement of vocational training institutions in material and financial resources for vocational training realization, according to the confirmed state educational standards, on the basis of the confirmed norms and specifications, is presented.

Keywords: state educational standards, norms and specifications of ensuring.

УДК 339.13

Н. В. Внукова, Ю. В. Данильченко

СПЕЦИФИКА МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Формулируются основные принципы выбора маркетинговых коммуникаций, рассматривается эффективность массовых коммуникаций в отношении различных целевых групп и различные факторы, воздействующие на результаты коммуникаций. Также анализируется взаимовлияние брендинговых коммуникаций и целевых групп.

Ключевые слова: маркетинговые коммуникации, целевая группа, предприятия космической отрасли.

Маркетинговые коммуникации являются одним из самых эффективных инструментов управления брендом. Маркетинговые коммуникации – деятельность предприятия или фирмы по информированию реальных или потенциальных потребителей о своей продукции с целью убеждения в необходимости ее приобретения, которую в ряде случаев называют продвижением (промоушн). Деятельность менеджеров по коммуникациям значительно влияет на бренд, и, соответственно, требует ясного понимания всей системы брендинга.

Корпоративные бренды в космической отрасли в первую очередь выполняют имиджевую функцию. Корпоративный, или организационный, имидж – это образ организации в представлении групп общественности. Образ корпоративного бренда в космической отрасли РФ проецируется на различные целевые группы (ЦГ). Эффективность маркетинговых коммуникаций определяется верным выделением ключевой целевой группы и работы с ней. Именно поэтому маркетинговые коммуникации в данной работе рассматри-

ваются через призму их влияния на определенные целевые группы.

Основная задача бренда – привлечение максимального количества заказов по максимальной цене. Основной целевой группой для решения данной задачи в космической отрасли является целевая группа «заказчики». В еще более узком смысле – «лица, непосредственно принимающие решение» о заказе. Поэтому определяющими параметрами бренда будут те, которые являются оптимальными для влияния на данную целевую группу. Но, учитывая косвенное влияние на целевую группу «заказчики» иных групп (рис. 1), ограничиваться в массовых коммуникациях взаимодействием только с данной группой корпоративный бренд не может. Целесообразно учитывать взаимодействие с косвенными целевыми аудиториями, и в первую очередь с позиций их влияния на основную целевую группу («заказчики»).

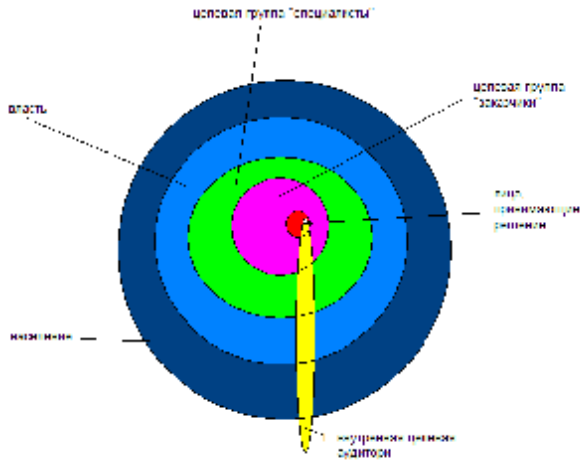


Рис. 1. Взаимодействие целевых групп

Поскольку разные целевые группы имеют свои представления и свои особенности, для продвижения бренда используются различные средства маркетинговых коммуникаций. В соответствии с запросами целевых групп определяются ключевые параметры брендов. Исходя из ключевых параметров, выстраивается работа по созданию, поддержанию и продвижению бренда в соответствующих целевых аудиториях. При этом действует принцип непротиворечивости: «ядро» бренда должно быть идентичным при проекции на разные целевые группы.

Рассмотрим использование средств маркетинговых коммуникаций для различных целевых групп.

Маркетинговые коммуникации в ЦГ-1 – «заказчики/лица, принимающие решение». Одним из главных способов привлечения внимания к продукции предприятия и получения заказов в космической отрасли является участие в тендерах. Однако нужно учитывать, что существенную роль в выборе исполнителя заказчиком играют не только предложенные условия, но и репутация фирмы – известность и надежность корпоративного бренда. Одна из важнейших задач при продвижении и реализации товаров в космической отрасли состоит именно в снижении воспринимаемых рисков. Их уменьшение имеет большое значение при любых закупках, а особенно при контрактах на разработку и изготовление новых продуктов (как материальных, так и интеллектуальных). При этом «принимающим решение лицам» важно знать, что они приобретают товар или услугу известной, а потому надежной, корпоративной марки. Более того, в космической отрасли, как правило, на решение о покупке существенно влияют экспертные мнения и рекомендации, а потому значительную роль играют маркетинговые коммуникации, создающие и доносящие до целевой аудитории эти экспертные оценки.

Такими коммуникациями являются следующие:

– участие в отраслевых и специализированных выставках, конференциях;

– взаимодействие с СМИ;

– создание собственных рекламных/информационных средств (в том числе корпоративных СМИ, сайтов, буклетов, листовок, фирменной сувенирной продукции и т. д.);

– экскурсии на производство;

– неформальные коммуникации, направленные на формирование определенных представлений у основной целевой аудитории («заказчики/лица, принимающие решение»).

Помимо цели ознакомления с технико-экономическими показателями выпускаемой продукции, данные коммуникации решают вторую задачу – обеспечение имиджа предприятия-изготовителя за счет предоставления определенной информации.

Участие в отрасливых и специализированных выставках, конференциях. Отраслевые и специализированные выставки и конференции помогают развивать соответствующие секторы экономики и являются эффективным инструментом продвижения продукции и услуг. Одним из значимых выставочных мероприятий в РФ является Московский авиакосмический салон в Жуковском. На роль международного, единственного в России зимнего салона, претендует Сибирский авиакосмический салон. Кроме того, российские предприятия космической отрасли принимают активное участие в международных космических салонах, в частности в Международном авиационно-космическом салоне Farnborough Airshow (Великобритания), Международном авиационно-космическом салоне ILA в Берлине, Всемирном салоне инноваций, научных исследований и новых технологий в Брюсселе, Международном салоне авиационной и космической промышленности Le Bourget (Франция), Латиноамериканской аэрокосмической выставке LAAD, Международном авиационно-космическом салоне Airshow China (Китай) и многих других.

Взаимодействие с СМИ. Взаимодействие с СМИ строится в двух направлениях. Первое – это размещение рекламно й/имиджевой информации, второе – создание значимых информационных поводов, которые могут быть интересны СМИ (важная информация о предприятии, событиях, связанных с его деятельностью). Информационные поводы, по результатам контент-анализа публикаций (тематика «предприятия космической отрасли») в СМИ за 2006 – 1-я половина 2009 г., могут быть разделены на несколько групп:

– работа над созданием значимой продукции (например, участие в ФЦП «Глонасс»);

– реализация продукции (запуск КА, новые разработки, заключение договоров);

– участие в выставках, салонах, конференциях;

– социальная политика предприятия;

– исторические/юбилейные даты;

– интерес СМИ к значимым персонам, связанным с предприятием и др.

Весомую роль в воздействии на целевую аудиторию «заказчики» в космической отрасли играют отраслевые СМИ. На сегодняшний день наиболее популярными из них можно признать следующие: журнал «Российский космос», журнал «Новости космонавтики», журнал «Телеспутник»; информационные интернет-ресурсы: www.novosti-kosmonavtiki.ru (сайт журнала «Новости космонавтики», лента новостей), http://www.spacenews.ru (информационно-аналитический портал о космосе), http://www.militarynews.ru (Интерфакс – Агентство военных новостей), http://www.avia.ru (авиационно-космический портал), http://www.federalspace.ru (сайт Федерального космического агентства, лента новостей).

Могут оказывать значительное влияние на целевую аудиторию не только отраслевые, но и общеполитические/экономические СМИ. Здесь ключевую роль играют известные статусные издания («Российская газета», «Ведомости», «Известия» и т. д.), федеральные телеканалы (ОРТ, РТР, «Звезда», НТВ). Попадание на страницы этих СМИ, в эфир весомых программ федеральных СМИ само по себе является показателем значимости информации и предприятия, которое упоминается. Маркетинговые коммуникации такого рода высоко ценятся, однако не всегда могут влиять на целевую аудиторию «заказчики/лица принимающие решения» – действует фактор случайности: информация может не дойти до целевой аудитории.

Создание собственных рекламных и информационных ресурсов (в том числе корпоративных СМИ, сайтов, буклетов, листовок, фирменной сувенирной продукции и т. д.). Наличие собственной рекламно-полиграфической, сувенирной продукции – весомая имиджевая составляющая предприятия. Сегодня практически все крупные предприятия космической отрасли имеют свои сайты, например: http://www.laspace.ru/rus/news.php (ФГУП НПО имени С. А. Лавочкина), http://www.polyot.su/ (ПО «Полет»), http://www.kerc.msk.ru (Исследовательский центр имени М. В. Келдыша), http://www.energia.ru/ (РКК «Энергия» имени С. П. Королева) http://www.saturn.kuban.ru/ (ОАО «Сатурн»), www.iss-reshetnev.ru (ОАО «ИСС» имени М. Ф. Решетнева) и другие. Активно развиваются собственные СМИ предприятий отрасли, такие как газета «Заводская жизнь» (ПО «Полет»), газета «Сибирский спутник» (ОАО «ИСС» имени М. Ф. Решетнева, журнал «Информационные спутниковые системы» (ОАО «ИСС» имени М. Ф. Решетнева). Однако особенность последних в том, что они могут влиять на целевую аудиторию «заказчики» исключительно с использованием иных средств маркетинговых коммуникаций и играют вспомогательную роль. Так, они могут быть представлены на выставках, симпозиумах, вручены при неформальных коммуникациях, реже – цитироваться в иных СМИ.

Экскурсии на производство/посещение предприятия. Данная форма маркетинговых коммуникаций является одной из самых эффективных, она позволяет составить целостное представление об организации/бренде. Однако нужно учитывать, что данный вид маркетинговой коммуникации в космической отрасли не является первичным, а обычно возникает как логическое продолжение ряда успешных этапов взаимодействия предприятия с ключевой целевой аудиторией. При взаимодействии с данной целевой аудиторией такой вид маркетинговых коммуникаций является скорее акцией – демонстрацией намерений сотрудничества одной стороны и достаточной степени открытости и доверия принимающей стороны.

Неформальные коммуникации. Это наиболее тонкий и сложно регламентируемый механизм воздействия. При этом он является одним из самых эффективных. Может быть осуществлен в контексте любого вышеизложенного способа маркетинговых коммуникаций (во время участия в выставках, тендерах и т. д.). Важную роль в успешных коммуникациях данного рода являются статус и личные качества представителя бренда. Ведь брендинг – это не только экономическая/маркетинговая категория, но и психологическая.

Уже на стадии взаимодействия предприятия с одной целевой аудиторией, в данном случае «заказчики/лица, принимающие решение», можно наблюдать комплексный эффект воздействия маркетинговых коммуникаций, когда один вид маркетинговой коммуникации является средством достижения/усиления эффекта от других видов маркетинговой коммуникации. Например, участие в выставках становится поводом для публикаций в СМИ, дает возможность неформального общения, обусловливает среду, в которой собственные рекламные/информационные средства предприятия могут быть донесены до целевой аудитории и т. д. (рис. 2).

Маркетинговые коммуникации в ЦГ-2 – «специалисты». Данная целевая группа имеет самое близкое отношение к основной целевой группе «заказчики», оказывает на них существенное влияние, образует информационную среду. Носят характер, аналогичный характер маркетинговых коммуникаций ЦГ «заказчики». Однако в этой целевой группе более значима роль отраслевых симпозиумов и конференций, публикаций в отраслевых СМИ. Кроме того, здесь особое внимание уделяется выявлению лидеров мнений. Выявление и работа с данной категорией лиц открывает уникальные возможности для организации эффективных коммуникативных компаний как в отношении целевой группы «специалисты», так и в отношении ключевой группы – «заказчики».

Маркетинговые коммуникации в ЦГ-3 – «власть». Особое значение для предприятий космической отрасли имеет взаимодействие с властными структурами. Прямо или косвенно они могут влиять как на целевую аудиторию «заказчики», так и другие целевые аудитории, в том числе и на имидж предприятия. Властные структуры – это федеральные, региональные и местные органы власти. Важную роль в выстраивании имиджа космических брендов для данной целевой аудитории играют неформальные коммуникации, участие в жизни территорий. Участие в жизни территории могут демонстрировать такие маркетинговые коммуникации, как участие в федеральных, региональных и местных выставках, спонсорство на региональном и местном уровне, иные акции.

Данное взаимодействие отражается в СМИ (федерального, регионального и местного уровней соответственно). Особые отношения у предприятий космической отрасли складываются с местной властью. Это обусловлено тем, что большинство предприятий космической отрасли являются градообразующими, находясь в небольших городах-спутниках. В силу этого предприятия космической отрасли играют существенную роль в социальной жизни территорий, на которых они расположены. В современном рыночном обществе градообразующие предприятия являются основой финансирования бюджетов всех уровней через налоги и отчисления на социальные нужды. Финансирование социальной сферы таких территорий возможно лишь при стабильной работе градообразующих промышленных предприятий. Эта специфика отражается и в маркетинговых коммуникациях с данной целевой аудиторией. Брендинг в данной сфере является категорией не только экономической, но и социальной.

Маркетинговые коммуникации в ЦГ-4 – «население». Данная целевая группа является самой широкой. Влияние на основную целевую группу «заказчики» оказывает косвенно. Население можно подразделить на федеральное, региональное и местное. Маркетинговые коммуникации, направленные на эти аудитории: публикации в СМИ, участие в социально-значимых проектах, акциях. Косвенные – информация с отраслевых выставок, иная информация в СМИ.

Маркетинговые коммуникации в ЦГ-5 – «сотрудники» (внутренняя целевая группа). Маркетинговые коммуникации в данной сфере тесно смыкаются с деятельностью по созданию, поддержанию и коррекции корпоративной культуры. Ключевыми задачами, которые решаются в данной ЦГ, являются повышение производительности, мотивации и лояльности компании; привлечение и удержание молодых специалистов; повышение рыночной ориентации, инициативности и ответственности аудитории. Особенность данной целевой группы в космической отрасли состоит в том, что персонал фирм, как правило, высокообразован и квалифицирован. Все это требует от менеджмента исполь-зования более сложных и тонких маркетинговых коммуникаций.

ЦГ «сотрудники» в той или иной степени соприкасается со всеми целевыми группами (см. рис. 1), поэтому для брендинга в этой сфере подходят практически все средства массовых коммуникаций, которые использовались для других групп. Кроме того, важную роль играют иные средства, влияющие на корпоративную культуру и кадровую политику – условия труда, социальные гарантии и льготы, внутрикорпоративные мероприятия и прочее.

Очевидно, что одни и те же маркетинговые коммуникации в разной степени влияют практически на все целевые группы. При этом невозможно влиять на одну целевую группу, не оказав влияния на другую. Любые маркетинговые коммуникации, направленные на одну целевую группу, автоматически сказываются на других группах. Таким образом, система маркетинговых коммуникаций фирмы носит мультипликативный характер (рис. 3).

При этом реакция может идти как в прямом, так и в обратном направлении. Учитывая комплексный характер самих маркетинговых коммуникаций, взаимодействие целевых групп и их взаимовлияние, можно говорить о синергетическом эффекте массовых коммуникаций, а потому особую роль играет четкое планирование маркетинговых коммуникаций – ведь изменение их в сторону увеличения или сокращения, изменение сущности может вызвать дестабилизацию созданного имиджа. Неконтролируемое использование маркетинговых коммуникаций может приводить ситуацию к точкам бифуркации (не всегда желательным). В этом случае могут меняться характеристики и атрибуты корпоративного бренда. А в отрасли, где процесс закупки продукции достаточно сложен, поскольку связан с высокими расходами и отличается повышенными рисками, где одним из основных характеристик корпоративного бренда является ста-

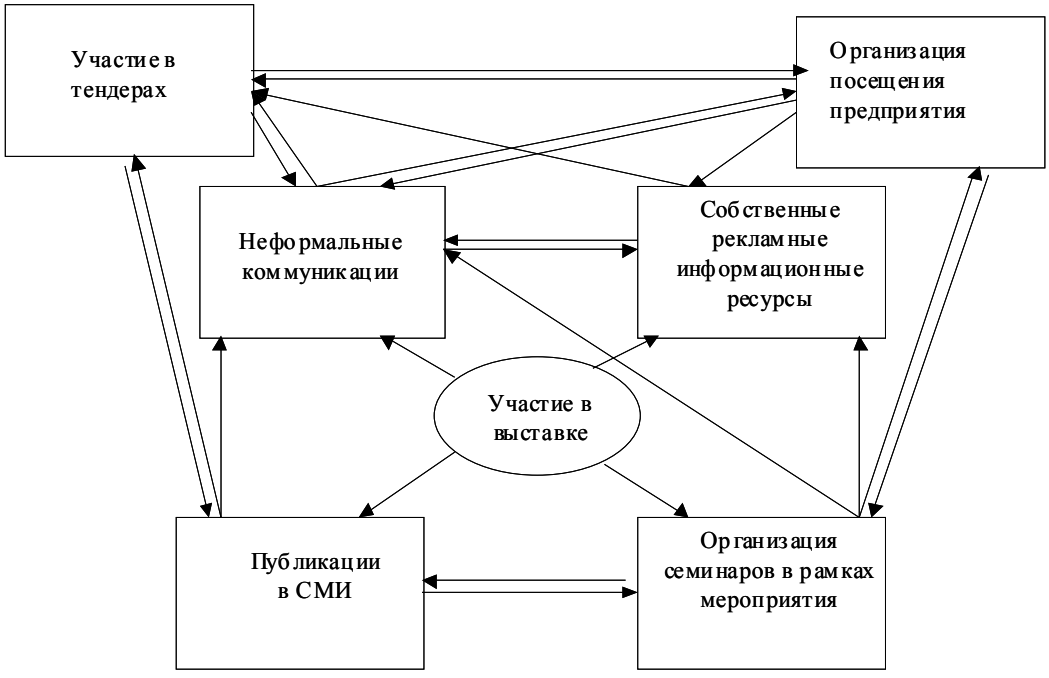


Рис. 2. Комплексный эффект маркетинговых коммуникаций

бильность (даже названия корпоративных брендов отсылают к истории: РКК «Энергия» имени С. П. Королева, ГКНПЦ имени Хруничева, «ИСС» имени М. Ф. Решетнева и т. д.), неконтролируемые изменения могут иметь отрицательные последствия.

А потому важно уделять особое внимание планированию и распределению полномочий внутри структур, связанных с ведением маркетинговых коммуникаций с различными целевыми группами. Организациям важно наладить четкое их взаимодействие и учитывать взаимовлияние их деятельности. К таким структурам в большинстве предприятий космической отрасли могут быть отнесены маркетинговые, рекламные и PR-структуры, подразделения, занимающиеся управлением персонала и корпоративной культурой. Особое внимание должно уделяться и деятельности топ-менеджеров – данные лица зачастую являются лицом бренда и источником новостей для СМИ. Любая исходящая информация при этом должна быть регламентирована.

Важно отметить, что функцию регулирования маркетинговых коммуникаций в космической отрасли в некоторой степени берет на себя государство. Особенность космической отрасли РФ в том, что значительное количество предприятий имеет форму собственности ФГУП, либо ОАО, но при этом контрольный пакет акций находятся у государства. А потому маркетинговая, рекламная или PR-деятельность в той или иной степени регулируется государством. В последние годы роль государства в жизни предприятий усиливается. Это связано с тем, что космическая отрасль является стратегически важной для обеспечения безопасности и экономического развития страны, а потому многие маркетинговые коммуникации регулируются Роскосмосом. Так, российские космические фирмы часто принимают участие в федеральных и международных выставках в составе экспозиций Роскосмоса. Существует неофициальное ограничение и в сфере передачи информации в СМИ. Например, существует правило, по которому предприятия (руководитель, пресс-служба, специалисты) могут комментировать в СМИ исключительно деятельность собственного предприятия. Информацию о космической отрасли в целом, а также о предстоящих контрактах и заказах дает исключительно Роскосмос. Нужно отметить стремление со стороны Федерального космического агентства закрепить влияние/контроль маркетинговых коммуникаций на ведомственном уровне при помощи внутренних документов. Юридической силы это не имеет, однако само стремление говорит о том, что стабильность и прогнозируемость маркетинговых коммуникаций предприятий космической отрасли лежит в сфере интересов государства.

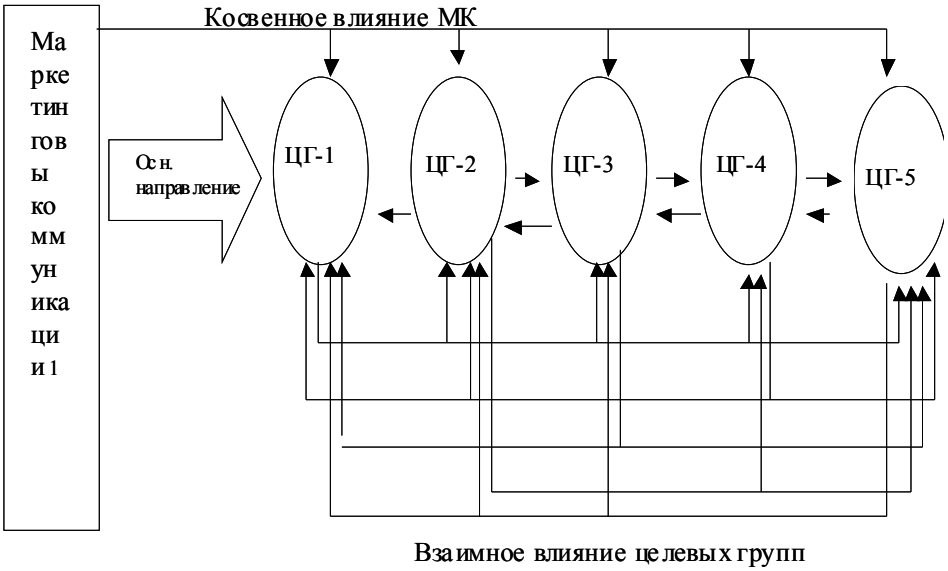


Рис. 3. Мультипликативный эффект массовых коммуникаций при воздействии на целевые группы

N. V. Vnucova, Yu. V. Danilchenko

SPECIFIC CHARACTER OF MARKETING COMMUNICATIONS IN ENTERPRISES OF SPACE BRANCH

The main principles of the marketing communications choice are formulated. The efficiency of mass communications concerning various target groups and the various factors, influencing results of communications are considered. Also the interference of brand communications and target groups is analyzed.

Keywords: marketing communications, target groups, space branch.

УДК 519.8

А. Н. Антамошкин, Е. А. Антамошкина

ИНТЕРВАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ПОРТФЕЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Предложена корректировка рыночной модели портфельного планирования инвестиций применительно к портфельному планированию инноваций. Выведена формула интервальной оценки собственного риска портфеля инновационных проектов через треугольные нечеткие числа.

Ключевые слова: портфельное планирование инноваций, рыночная модель, нечеткие числа.

Для оценки риска портфеля инновационных проектов в работе [1] предложено использовать рыночную модель Гарри Марковитца [2].

Согласно рыночной модели, риск отдельного инновационного проекта можно рассчитать по следующей формуле:

$$\sigma_j^2 = \beta_{jG}^2 \cdot \sigma_G^2 + \sigma_{ej}^2,$$

где $\beta_{jG}^2\sigma_G^2$ – рыночный (систематический) риск инновационного проекта; σ_{ej}^2 – собственный (несистематический) риск инновационного проекта; σ_G^2 – дисперсия доходности на рыночный индекс.

Риск портфеля проектов в целом может быть оценен по формуле

$$\sigma_p^2 = \beta_{pG}^2 \cdot \sigma_G^2 + \sigma_{ep}^2,$$

где $\beta_{pG}^2\sigma_G^2$ – рыночный риск портфеля инновационных проектов; σ_{ep}^2 – собственный риск портфеля инновационных проектов.

Учитывая, что $\beta_{jG} = \sigma_{jG} / \sigma_G^2$, рыночный риск портфеля инновационных проектов для n проектов можно представить следующим образом:

$$\beta_{pG}^2\sigma_G^2 = \left[\sum_{j=1}^{n} x_j \beta_{jG}\right]^2 \sigma_G^2 =$$

$$= \left[\sum_{j=1}^{n} x_j \sigma_{jG} / \sigma_G^2\right]^2 \sigma_G^2 = \sum_{j=1}^{n} x_j^2 \sigma_{jG}^2 / \sigma_G^2.$$

где σ_{jG} – ковариация между доходностью j-го проекта и доходностью на рыночный индекс; x_j – доля в общем объеме инвестиций, направляемая на реализацию j-го инновационного проекта.

Собственный риск портфеля в [2] предлагается рассчитывать в предположении о некоррелированности доходностей отдельных проектов, входящих в портфель, по формуле

$$\sigma_{ep}^2 = \sum_{j=1}^{n} x_j^2 \sigma_{ej}^2.$$

Использование рыночной модели предполагает возможность снижения общего риска портфеля инвестиционных проектов за счет эффекта диверсификации. Это происходит вследствие сокращения собственного риска портфеля, в то время как рыночный риск портфеля остается приблизительно таким же.

Если говорить о портфеле инновационных проектов, то систематический риск обусловлен макроэкономической ситуацией в стране, не связан с конкретными инновационным проектом, является не диверсифицируемым и не понижаемым. Несистематический риск обусловлен экономическим положением предприятия, осуществляющего инновационную деятельность, и эффективностью управления портфелем инновационных проектов, связан с конкретными инновационными проектами, является диверсифицируемым и понижаемым. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только собственный риск портфеля инновационных проектов. Кроме того, предположение о некоррелированности доходностей инновационных проектов, входящих в портфель, не соответствует реальности, т. е. формула для расчета собственного риска портфеля инновационных проектов должна быть скорректирована:

$$\sigma_{ep}^2 = \left[\sum_{j=1}^{n} x_j \sigma_{ej}\right]^2 = \tag{1}$$

$$= \sum_{j=1}^{n} x_j^2 \sigma_{ej}^2 + 2\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} x_j x_i \sigma_{ji},$$

где σ_{ji} – ковариация доходностей j-го и i-го проектов.

Для получения интервальных оценок риска портфеля инновационных проектов воспользуемся аппаратом, предложенным в [3] для анализа и управления рисками портфельных инвестиций. В качестве исходных данных для ковариаций и собственных рисков проектов будем использовать так называемые треугольные нечеткие числа с функцией принадлежности треугольного вида.

Эти числа моделируют высказывание следующего вида: «параметр A приблизительно равен $\underline{a}$ и однозначно находится в диапазоне $[a_{\min}, a_{\max}]$».

В общем случае под нечетким числом понимается нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее нормальную и выпуклую функцию принадлежности. Такое описание позволяет взять в качестве исходной информации интервал параметра $[a_{\min}, a_{\max}]$ и наиболее ожидаемое значение $\underline{a}$, и тогда соответствующее треугольное число $A = (a_{\min}, \underline{a}, a_{\max})$ построено. Далее будем называть параметры $(a_{\min}, \underline{a}, a_{\max})$ значимыми точками треугольного нечеткого числа A. Вообще говоря, выделение трех значимых точек исходных данных весьма распространено. Часто с этими точками сопоставляются субъективные вероятности реализации соответствующих («пессимистического», «нормального» и «оптимистического») сценариев исходных данных, но оперирование с субъективными вероятностями дает только весьма грубые точечные оценки (см. например, [4]).

Чтобы преобразовать формулу (1) к виду, пригодному для использования нечетких исходных данных, воспользуемся сегментным способом.

Зададимся фиксированным уровнем принадлежности α и определим соответствующие ему интервалы достоверности по двум нечетким числам A и B: $[a_1, a_2]$ и $[b_1, b_2]$ соответственно. Тогда основные операции с нечеткими числами сводятся к операциям с их интервалами достоверности. А операции с интервалами, в свою очередь, выражаются через операции с действительными числами – границами интервалов:

– операция сложения: $[a_1, a_2]+[b_1, b_2]=[a_1+b_1, a_2+b_2]$,

– операция вычитания: $[a_1, a_2]-[b_1, b_2]=[a_1-b_2, a_2-b_1]$,

– операция умножения: $[a_1, a_2][b_1, b_2]=[a_1b_1, a_2b_2]$,

– операция деления: $[a_1, a_2]/[b_1, b_2]=[a_1/b_2, a_2/b_1]$,

– операция возведения в степень: $[a_1, a_2]^i=[a_1{}^i, a_2{}^i]$.

По каждому нечеткому числу в структуре исходных данных получаем интервалы достоверности $[\sigma_{ji1}, \sigma_{ji2}]$, $[\sigma_{ej1}, \sigma_{eji2}]$, $i, j=\overline{1,N}$. И тогда для заданного уровня α, путем подстановки соответствующих границ интервалов в (1) по приведенным выше правилам, получаем

$$\sigma_{ep}^2=\begin{bmatrix}\sum_{j=1}^{n}x_j^2\sigma_{ej_1}^2+2\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}x_jx_i\sigma_{ji1},\\ \sum_{j=1}^{n}x_j^2\sigma_{ej_2}^2+2\sum_{j=1}^{y}\sum_{i=1}^{n}x_jx_i\sigma_{ji2}\end{bmatrix}. \qquad (2)$$

Таким образом, задав уровень принадлежности а, по формуле (2) мы можем получать интервальные оценки рисков различных портфелей инновационных проектов.

Библиографический список

1. Ерыгин, Ю. В. Совершенствование инструментов и методов портфельного планирования инновационной деятельности на машиностроительном предприятии ВПК в условиях конверсии / Ю. В. Ерыгин, К. Ю. Лобков // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та : сб. науч. тр. Красноярск, 2002. Вып. 1. С. 260–270.

2. Шарп, У. Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бейли. М. : Инфра-М, 2001.

3. Недосекин, А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин // Корпоративный менеджмент. Аудит и финансовый анализ. Электрон. дан. 2000. № 2. Режим доступа: http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08-2.shtml. Загл. с экрана.

4. Аринин, В. А. Автоматизация процесса планирования инновационной деятельности предприятий / В. А. Аринин // Вестник СибГАУ. Красноярск, 2008. Вып. 2 (19). С. 186–192.

A. N. Antamoshkin, E. A. Antamoshkina

INTERVAL ESTIMATE OF INNOVATIVE PROJECTS PORTFOLIO RISK

Correction of market model for investments portfolio planning is suggested in adaptation to innovations portfolio planning. A formula for interval estimate of innovative projects portfolio unique risk via triangular fuzzy numbers is developed.

Keywords: innovations portfolio planning, market model, fuzzy numbers.

УДК 330.1

Г. С. Гаврильченко

СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ ТОВАРНЫХ И ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ СОЦИАЛЬНО-РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ

Показана необходимость перехода к воспроизводственной модели экономической политики, основанной на структурной сбалансированности товарных и денежных потоков. Внесены предложения по обеспечению сбалансированности товарных и денежных потоков в условиях перехода российской экономики на инновационный тип воспроизводства.

Ключевые слова: товарно-денежные потоки, воспроизводство, структурирование экономики.

Денежная сфера и производственный сектор в экономике должны находиться в органичном единстве.

Проблемы внутреннего единства товарно-денежных потоков, разграничение реальной и денежной сторон хозяйственной жизни берут свое начало в экономических воззрениях Аристотеля, который различал блага, непосредственно удовлетворяющие человеческие потребности и обеспечивающие производственные нужды и день-

ги, являющиеся средством соизмерения благ и средством их обращения. Все это связано с производством благ, их физическим перемещением и потреблением – это реальная сторона экономики. А все, что не меняет количества «реальных ценностей», а только отражает смену их владельцев (покупка и продажа товаров) или распределение прав на приобретение (присвоение) материальных благ (добровольное пожертвование, налоги и т. п.) – это денежная сторона экономики.

Аристотель не считал деньги реальным благом. Деньги – это только знаки богатства, но не само богатство, они не могут быть средством сохранения и накопления богатства.

С точки зрения Аристотеля, деньги бесплодны, а поэтому использовать их в интересах роста противно природе денег, ибо последние возникли лишь ради меновой торговли [1].

Воззрения Аристотеля на природу и функциональное назначение денег заложили основы меновой концепции денег и породили недооценку денежной стороны хозяйственной жизни, так как за деньгами признавались сугубо служебные, формальные функции.

В рамках воспроизводственного подхода к анализу денег раскрываются глубинные причины изменения спроса и предложения денег, изменения направлений и интенсивности денежных потоков, покупательной способности денег. Например, подъем производительных сил ведет к росту производительности труда, а рост производительности труда повышает покупательную способность рубля и населения. В данном случае логика изменения покупательной способности денег (инфляция, дефляция) совершенно иная, чем в рамках количественной теории денег, то есть изменения меновых пропорций денежной массы. Если учесть внутреннюю взаимосвязь различных секторов реальной экономики, т. е. производство жизненных средств и средств труда, то именно воспроизводственный анализ роли денег выводит исследование на внутреннюю связь предложения и платежеспособного спроса (инфляции, валютного курса и т. д.).

Последователями экономических учений претворялись в жизнь различные экономические течения. Однако в экономической науке макроэкономика всегда была и остается самой спорной составляющей экономической теории.

Кейнсианцы полагают, что рыночная экономика – внутренне неустойчивая система. Они считают, что капитализм не обладает механизмом, обеспечивающим макроэкономическую стабильность. Постоянные диспропорции между основополагающими экономическими параметрами вызывают циклические колебания занятости, цен, объема производства. Поэтому государство, с точки зрения кейнсианцев, должно вмешиваться в хозяйственную жизнь, осуществлять различные регулирующие мероприятия, проводить дискретную денежно-кредитную политику. Кейнсианская теория выводит на первый план совокупные расходы и их компоненты. Основное уравнение кейнсианцев – это потребительские расходы населения, инвестиции, чистый экспорт, государственные расходы, что и составляет внутренний национальный продукт.

Монетаризм опирается на уравнение И. Фишера, где денежное предложение, с учетом скорости обращения в кругообороте продуктов и доходов, равно физическому объему национального производства с учетом индекса цен.

Отдельные элементы и кейнсианства, и монетаризма характерны для современной экономической ситуации.

Рыночные реформы в стране осуществлялись в русле монетаристской концепции. Неудачи кейнсианской и монетаристской теорий ставят под вопрос правильность современного общего понимания макроэкономики.

В отечественной экономической науке в силу целого ряда обстоятельств нет единства в понимании рыночной экономики как единого целого.

Споры среди российских экономистов и политиков в основном концентрируются вокруг роли правительства в рыночной экономике. А так как монетаристы исключают активную роль государства в рыночном секторе экономики, проводимая политика подвергается критике многими российскими экономистами, которые склоняются в сторону кейнсианской модели государственного регулирования экономики.

Практика применения экономической политики в русле кейнсианской и монетаристской моделей государственного управления экономикой подтверждает их несостоятельность. Она показывает, что и управление совокупным спросом, и денежная экспансия на короткий период могут способствовать ускорению экономического роста. Однако в долгосрочной перспективе манипуляции правительства с денежным фактором приводят только к росту цен, а не объемов производства.

Необходимость усиления роли государства в регулировании экономики в современных условиях научно обосновывается рядом известных отечественных и зарубежных экономистов, которые считают, что свободное, стихийное развитие рынка создает неравные условия в экономике и порождает острые противоречия, дестабилизирующие экономику.

Следовательно, практика западных стран, опыт пятнадцати лет перестроечного периода России показывают, что ни кредитно-денежная, ни налогово-бюджетная политика разного типа не приносит желаемых результатов и не разрешает проблем обеспечения устойчивого роста экономики.

С переходом российской экономики на рыночные отношения обострились инфляционные процессы в стране, а вместе с тем вызрела потребность исследовать причины товарно-денежной разбалансированности и способы достижения соответствия товарных и денежных потоков. Инфляция, как форма нарушения равновесия между денежной массой и товарным покрытием, имеет непосредственный выход на товарно-денежную сбалансированность.

Известно, что повышение цен и появление излишнего количества денег – это лишь внешнее проявление нарушения пропорций народного хозяйства, т. е. нарушения воспроизводственных процессов.

Товарно-денежная разбалансированность, как производная от дисбаланса национального воспроизводства, преодолевается путем изменений в сфере отношений собственности и в структуре производства (например,

путем демонополизации экономики), не в сфере товарно-денежного обращения и предложения денег. Однако экономическая политика российского государства в основном держит в центре внимания лишь объемные товарно-денежные отношения, регулируя уровень инфляции в стране.

Проблема внутреннего единства товарно-денежных потоков относится к числу макроэкономических.

Под внутренним единством товарных и денежных потоков в самом общем плане понимается такое согласованное опосредованное движение товарных и денежных потоков, при котором обеспечивается непрерывное производство и реализация товаров в масштабе общества.

Политика подавления инфляции, непосредственно не увязанная с воздействием на ее источники, оборачивается искусственным ограничением роста производства и уровня жизни населения. Эта политика не отвечает реальному состоянию экономики России, не соответствует углублению интеграции хозяйственной и финансово-банковской инфраструктуры в глобальный финансовый рынок.

Оживление российской экономики, в основном обусловленное длительно благоприятной конъюнктурой на энергоносители, несколько заслонило задачу «построения» социальной рыночной экономики. Однако поставленная правительством задача перехода российской экономики на инновационную модель развития неизбежно выдвигает ее в число приоритетных.

Практическое решение задач требует использовать присущий отечественной науке воспроизводственный подход к анализу экономических явлений, денег и денежных потоков, покупательной способности денег, инфляции, валютного курса и т. д. Напротив, основные направления западной экономической мысли явным образом отвергают теорию воспроизводства.

Однако изучение инфляции как исторически конкретной формы товарно-денежной разбалансированности только на монетарном уровне ведет к разработке в основном и монетарных методов борьбы с нею. Но за счет только монетарных мер преодоление инфляции, восстановление товарно-денежной сбалансированности экономики не представляется возможным.

Вопрос связи товарно-денежной сбалансированности с воспроизводством многими экономистами рассматривается в постановочном плане по отношению к предмету исследования, за исключением В. А. Медведева. В его работах воспроизводство исследуется с точки зрения приоритетного значения производства жизненных средств и отчетливо проводится различие между движением материального ресурса как самостоятельного потока, отличного от движения денежных масс. Данное разграничение материально-вещественных и денежных потоков позволило высветить проблему их сбалансированности и обозначить в общих чертах механизм ее решения посредством «правильного» распределения и перераспределения денежных ресурсов общества в соответствии с потребностями воспроизводства в целом и обеспечения и поддержания товарно-денежной сбалансированности в экономике. Развитие заложенных в работах В. А. Медведева идей должно идти по линии исследования опосредования всей системы производственных отношений в денежном обращении как относительно самостоятельном экономическом процессе.

Согласно теории воспроизводства, конечным результатом общественного процесса производства являются не только товары и услуги, но, что не менее важно, и сами производственные отношения в их исторически конкретной форме, порождающие специфический способ осуществления товарно-денежной сбалансированности.

Исследование проблем согласования товарных и денежных потоков имеет выход на связь проблем с особым типом воспроизводства, присущим социальной рыночной экономике.

Если народное хозяйство страны взаимодействует с мировым рынком в качестве «рыхлого» конгломерата отраслей хозяйства, то экономика этой страны не сможет работать как единый народнохозяйственный механизм. Предприятия самостоятельно, без государственного регулирования и государственной поддержки выходят на внешний рынок, а иностранный предприниматель пользуется такими же, даже большими правами внутри страны, что и резидент, – это пример плохо структурированной территориальной подсистемы мирового хозяйства. Напротив, страна, структурирующая и регулирующая народное хозяйство в соответствии со своими национальными и государственными интересами, превращает это хозяйство в единый народнохозяйственный комплекс [2].

Создание объективных предпосылок устойчивого подъема экономики России невозможно без преобразования хозяйственного механизма и реального инвестирования, обновления основного капитала, реструктуризации всей финансово-инвестиционной сферы.

Общественное богатство непрерывно связано с экономическими отношениями собственности. Так или иначе, богатство распределено между собственниками, т. е. структурировано в аспекте отношений собственности. Наложение двух видов структуризации богатства и инвестиционного процесса порождает в конечном счете экономический механизм хозяйствования, приобретающий конкретный образ в конкретных исторических условиях той или иной страны.

Собственность в системе экономических отношений человеческого общества – это краеугольный камень, на котором интегрируются в единую систему богатство, инвестиционный процесс, хозяйственный механизм.

Инвестиционный процесс самым тесным образом связан не только с богатством, но и с собственностью.

Необходимость структурирования экономики, с учетом отношений к собственности, подтверждается лауреатом Нобелевской премии по экономике Мироном Шоулсом: «Из-за неудач, однако, нельзя делать вывод, что восстановление регулирования будет успешным в предотвращении будущих кризисов. Или, что обществу будет лучше с меньшей свободой. Хотя правительства способны регулировать организационные формы, они не способны регулировать услуги, оказываемые конкурирующими организациями. История показывает, что самое сильное регулирование банковского дела терпело неудачу».

Для создания эффективной системы управления экономикой нужен новый механизм пропорционального развития отраслей экономики.

Достижение улучшения структурной товарно-денежной сбалансированности в экономике и переход на ее основе к воспроизводственной модели экономической политики требует решения многих серьезнейших вопросов.

Прежде всего, нужна диверсификация экономики страны.

В течение многих лет производительность труда росла медленнее, чем доходы населения, значит, выплачивались незаработанные деньги. Разрешение этой ситуации требует специальной программы.

Необходима переориентации денежных потоков на обеспечение деятельности реального сектора экономики. Коммерческие банки не выполняют свою главную функцию – кредитование реального сектора экономики. Для этого следует:

– ввести целевое кредитование предприятий реального сектора экономики, при этом использовать государственные гарантии, компенсацию процентных ставок, налоговые льготы;

– ограничить возможности кредитных организаций по направлению средств в сферу нематериального производства, носящую спекулятивный характер (в состав показателей оценки деятельности банков ввести экономический норматив соотношения активов, направленных в реальный сектор экономики, к общей сумме активов);

– государству создать льготные (выгодные) условия для размещения капитала внутри страны (налоговые, таможенные льготы и другие);

– по крупным инновационным проектам, стратегически важным направлениям, страхование рисков для банков должно взять на себя государство;

– государству определить «правовое поле», регулирующее перераспределение капитала в непроизводственную сферу.

Требуется вмешательство государства в рыночный процесс по упорядочению посреднической деятельности, даже ликвидации ее, так как она «душит производителя» и поддерживает высокий уровень цен на товары.

Учитывая, что частный капитал отделен от государственного, необходимо изменить отношения с собственниками – увеличить долю государственного капитала в ключевых отраслях экономики (как в существующих, так и во вновь создаваемых предприятиях).

Необходимо освободить от налогообложения все расходы на НИОКР, обучение кадров и освоение новой техники, что будет стимулировать разработку отечественных аналогов наукоемкой техники.

Важно не допустить повышения тарифов на газ, водоснабжение и электроэнергию в ближайшие три года.

Необходима государственная программа обеспечения жильем молодых специалистов, привлекаемых на работу в государственные корпорации, военные производства.

Это далеко не полный перечень нерешенных проблем, не позволяющих перейти к воспроизводственной модели экономического развития, а следовательно, к сбалансированности товарных и денежных потоков.

Экономическая политика правительства современной России держит объемную товарно-денежную сбалансированность, т. е. регулирует уровень инфляции, в то время как главной задачей должно стать достижение структурной товарно-денежной сбалансированности. Если объемная товарно-денежная сбалансированность решает задачу обеспечения товарного оборота денежной массой, то структурная товарно-денежная сбалансированность нацелена на воспроизводство пропорционального соотношения между производством средств производства, предметов потребления и производства средств труда.

Библиографический список

1. Аристотель. Политика / Аристотель // Соч. Т. 4. М. : Мысль, 1984.

2. Бард, В. С. Инновационные проблемы российской экономики / В. С. Бард. М., 2000.

G. S. Gavrilchenko

BALANCE BETWEEN GOODS AND MONEY FLOWS IN SOCIAL AND MARKET ECONOMY

The transition necessity to the reproductive model of the economic policy based on structural balance between goods and monetari flows is shown.

The suggestions how to provide the balance between goods and monetary flows while Russian economy is making the transition to an innovative type of reproduction are shown.

Keywords: goods and monetary flows, reproduction, structurization of economy.

УДК 336.012.23

Т. В. Ващенко, А. В. Зиненко

УЧЕТ ВНЕШНИХ РИСКОВ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ БАНКРОТСТВА

Внешние факторы, способные привести фирму к банкротству, рассматриваются как случайные события, а задача минимизации риска банкротства решается с помощью математического аппарата «игр с природой».

Ключевые слова: критерии банкротства, матрица событий-исходов, вероятность.

Законодательно установлено, что предпринимательская деятельность является рисковой, т. е. действия предпринимателя в условиях рыночных отношений не могут быть с полной определенностью рассчитаны и определены.

Риск – непременный спутник предпринимательской деятельности. Вне деятельности риска не существует, так же, как и нет деятельности без риска. Предприниматель должен уделять пристальное внимание вопросам управления риском, которые в свою очередь включают в себя выявление факторов риска, анализ и оценку риска, выбор методов воздействия на риск. Особо важно это по отношению к внешним факторам риска, так как они, по сравнению с внутренними факторами, являются не управляемыми со стороны предпринимателя. А между тем, как показывает практика, именно внешняя составляющая факторов предпринимательского риска стала в последнее время решающей компонентой, провоцирующей наступление банкротства предприятия. К внешним рискам, оказывающим наибольшее влияние на возможности предпринимателя извлекать доход, можно отнести политическую нестабильность, финансовые кризисы, террористические акты, нежелательные изменения законодательства, катаклизмы природного характера и т. д. Повлиять на внешние риски и изменить их величину предприниматель не может, но учесть их и отказаться от принятия рискового решения, угрожающего предприятию банкротством, в сфере возможностей предпринимателя.

В законодательстве Российской Федерации институт банкротства получил правовое закрепление в Законе РФ от 19 ноября 1992 г. № 3929-1 «О несостоятельности (банкротстве) предприятий». За годы существования института банкротства в России была создана правовая система регулирования несостоятельности (банкротства), не уступающая мировым аналогам.

С учетом цели исследования, заявленной в названии данной работы, нас интересует не столько банкротство как таковое, сколько распознание ранних признаков надвигающегося банкротства. Это, в свою очередь, позволит предпринимателю разработать и применить дополнительные мероприятия по снижению вероятности наступления банкротства или же вовсе отказаться от принятия решений, его провоцирующих. В основу своих рассуждений об индикаторах надвигающегося банкротства положим те нормативные акты, которые регламентируют критерии банкротства и их количественные показатели.

Согласно постановлению правительства РФ от 20 мая 1994 г. № 498 «О некоторых мерах по реализации законодательства о несостоятельности (банкротстве) предприятий», можно выделить следующие индикаторы банкротства предприятия:

– коэффициент текущей ликвидности;

– коэффициент обеспеченности собственными средствами;

– коэффициент восстановления (утраты) платежеспособности.

Коэффициент текущей ликвидности отражает способность предприятия своевременно рассчитываться по своим срочным обязательствам, коэффициент обеспеченности собственными средствами отражает наличие у предприятия достаточного количества собственных средств, необходимых для финансовой устойчивости.

Свидетельством того, что структура баланса предприятия неудовлетворительна, а предприятие неплатежеспособно, является значение коэффициента текущей ликвидности меньше 2, и значение коэффициента обеспеченности собственными средствами меньше 0,1 (с учетом отраслевой принадлежности). При фактических значениях этих коэффициентов ниже нормативных рассчитывается третий коэффициент – коэффициент восстановления платежеспособности за период 6 месяцев. Если значение этого коэффициента больше 1, у предприятия есть реальная возможность восстановить свою платежеспособность, в противном случае оно является кандидатом в банкроты.

Современные методики прогнозирования банкротства учитывают, как правило, только внутренние факторы риска банкротства. Как отмечалось выше, в последнее время доминирующую роль в вероятном банкротстве предприятия могут играть именно внешние факторы риска, на величину которых руководство предприятия повлиять не может. Поэтому при оценке риска банкротства предприятия нужно попытаться оценить вклад внешних факторов в возможное наступление банкротства. С учетом характера исходной информации, касающейся предыдущих реализаций внешних рисков и стремительной динамики внешней среды предпринимательства, набор методов анализа и оценки внешних рисков не так уж и велик. Один из них – математический аппарат теории «игр с природой», где в роли природы как раз и выступает внешняя среда предпринимателя, в которой сгруппированы внешние факторы риска.

В «играх с природой» один из игроков – игрок A – действует осознанно, применяя только заведомо выгодные для него стратегии. Другой игрок – игрок B («природа») действует по отношению к игроку A случайным образом, т. е. «природа» может как подыграть игроку A, так и сыграть против него. Именно в наборе стратегий игрока B – «природы» тем или иным образом сгруппированы внешние риски. Пересечение стратегий осознанно действующего игрока A и случайных состояний «природы» образует элементы платежной матрицы, или матри-

цы выигрышей игрока *A*. При этом предлагается использовать платежную матрицу, элементы которой представляют собой не числовые значения, а события-исходы x_1, x_2, x_3 и т. д.

Обозначим $A=\{A_1, A_2, ..., A_m\}$ – вектор стратегий фирмы, $B=\{B_1, B_2, ..., B_n\}$ – вектор состояний «природы». Фирма применяет стратегии осознанно, поэтому они могут отличаться друг от друга объемами и ассортиментом производимой продукции, величиной привлеченных средств в структуре оборотного капитала и др. Каждому из состояний «природы» присвоим определенную вероятность, которую можно получить из статистических данных прошлых лет. Вектор вероятностей состояний «природы» имеет вид

$$B=\{p(B_1), p(B_2), ..., p(B_n)\},\ \sum_{j=1}^{n} p(B_j)=1.$$

На пересечении *m* стратегий фирмы и *n* состояний «природы» возникают элементы «матрицы событий-исходов», которые мы обозначим c_{ij}. Матрицу обозначим соответственно *C*.

Введем еще один ряд обозначений: x_1 – событие, при котором коэффициент текущей ликвидности меньше двух; x_2 – событие, при котором коэффициент обеспеченности собственными средствами меньше либо равен 0,1; x_3 – событие, при котором коэффициент утраты платежеспособности меньше либо равен единице.

Тогда при применении различных стратегий сознательно действующим игроком A_i в комбинации с различными состояниями «природы» B_j получим матрицу, каждый элемент которой может представлять собой одно из восьми возможных событий-исходов:

$$\{\varnothing\}, \{x_1\}, \{x_2\}, \{x_1 \cap x_2\}, \{x_3\},$$
$$\{x_1 \cap x_3\}, \{x_2 \cap x_3\}, \{x_1 \cap x_2 \cap x_3\}.$$

Все вышеперечисленные события соответствуют тому или иному элементу матрицы событий-исходов. Какие-то элементы матрицы будут соответствовать нормальному режиму работы предприятия, не угрожающему банкротством, в этом случае индикаторы банкротства будут иметь значения выше пограничных нормативных значений. Это элементы, определяемые событием-исходом $\{\varnothing\}$. Другие элементы матрицы будут соответствовать состояниям, при которых риск банкротства присутствует, но из него можно выйти и восстановить платежеспособность предприятия. В таком случае коэффициент текущей ликвидности меньше 2, коэффициент обеспеченности собственными средствами меньше 0,1, но коэффициент утраты платежеспособности больше единицы. Это элементы матрицы, соответствующие событиям-исходам $\{x_1\}, \{x_2\}, \{x_1 \cap x_2\}$. И, наконец, последняя группа элементов матрицы *C* будет соответствовать высокому риску банкротства – когда низкие коэффициенты текущей ликвидности и обеспеченности собственными средствами подтверждаются значением коэффициента утраты платежеспособности, меньшим единицы.

Таким образом, задача минимизации риска банкротства с учетом внешних факторов сводится к выбору таких стратегий, при которых максимальна вероятность благоприятных событий-исходов. Можно выделить два уровня таких стратегий.

Стратегии первого уровня минимизируют риск банкротства наилучшим образом:

$$A_k : \sum_{j=1}^{n} p(c_{kj}=\varnothing) = \max.$$

При выборе стратегий второго уровня риск банкротства присутствует, но у фирмы есть шансы восстановить платежеспособность:

$$A_l : (\sum_{j=1}^{n} p(c_{lj}=\varnothing) + \sum_{j=1}^{n} p(c_{lj}=x_1) +$$
$$+\sum_{j=1}^{n} p(c_{lj}=x_2) + \sum_{j=1}^{n} p(c_{lj}=x_1 \cap x_2)) = \max.$$

С учетом предложенного выше, задачей игрока *A* становится выбрать такие стратегии, которые позволят минимизировать вероятность наступления событий, порождающих угрозу банкротства предприятия.

T. V. Vashenko, A. V. Zinenko

MAKING PROGNOSES OF BANKRUPTCY TAKING INTO ACCOUNT OUTER RISKS

Outer factors which can be responsible for a firm bankruptcy are considered as random events. The problem of bankruptcy risk minimizing is solved with the help of mathematical game theory.

Keywords: bankruptcy criteria, event-outcome matrix, probability.

УДК 332.14

А. С. Шпак

ГАРМОНИЗАЦИЯ ТОРГОВОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Раскрыто понятие «гармонизация», предложена система инструментов гармонизации торговой и промышленной политики, направленная на обеспечение экономической безопасности. Определена роль формирования торговой и промышленной политики.

Ключевые слова: инструменты, гармонизация, промышленная политика, торговая политика.

Важным направлением развития страны в изменяющейся рыночной среде является гармонизация промышленной и торговой политики, от чего зависит не только уровень экономического развития, но и благосостояние общества в целом. Министерство торговли и промышленности стремится к созданию условий для достижения промышленностью страны экономической безопасности и независимости. Основными задачами в этой связи являются развитие экспорта, переориентирование экономики на внешние рынки, а также развитие связей между различными отраслями экономики. Происходит непрерывная гармонизация и рационализация торговли и промышленности.

Глубочайшие мировые кризисы всеобъемлющей рыночной экономики первой четверти прошедшего столетия породили революционные ситуации, которые привели к параллельному формированию монолитно организованной плановой экономики, когда уже в середине века более одной трети населения мира проживало в странах с централизованной государственной экономикой.

В настоящее время в ходе активизации работ по возрождению научной, промышленной, оборонной отраслей и стабилизации социальных процессов должна постоянно проводиться гармонизация в деятельности основных участников этих процессов – государства, предпринимательства и структур гражданского общества, представляющих широкие слои населения. Это значит, что процессы гармонизации из локальных все в большей степени разрастаются до охвата больших глобальных систем.

В экономической литературе существуют разные определения понятия «гармонизация»:

– гармонизация (от гр. harmonia – связь, соразмерность) – приведение в состояние гармонии предметов, явлений, свойств; систематизация чего-либо;

– гармонизация – приведение национальных принципов и стандартов в соответствие с международными;

– гармонизация – установление равновесия, гармонии, баланса между задачами сходного уровня приоритетности, равно требующими выполнения в заданный период. Осуществляется с помощью сознательно управляемого распределения между ними ограниченных ресурсов [1].

Основными чертами гармонизации являются следующие: подход к рассмотрению закона, эквивалентность и сопоставимость, согласование (установление необходимого соответствия) состава, структуры и содержания.

Таким образом, гармонизация – это взаимное согласование, сведение в единую систему, унификация, координация, упорядочение или обеспечение взаимного соответствия разных мер, действий, а также различных экономических мероприятий между системами и подсистемами, структурой и инфраструктурой.

В «Словаре современной экономической теории Макмиллана» [2] понятие «гармония» (экономических) интересов сопровождается понятием invisible hand («невидимая рука»): термин, относящийся к невидимым процессам координации, обеспечивающим совместимость индивидуальных планов в децентрализованной рыночной экономике. Впервые это понятие применено Адамом Смитом, делавшим упор на роль, которую играет «невидимая рука» в достижении согласованности интересов. Смит утверждал, что индивид, «стремящийся исключительно к своей поставленной выгоде, направляется невидимой рукой к результату, который не входил в его намерения». Этим результатом является удовлетворение интересов общества.

Проблема гармонизации в экономике, каким бы термином она ни определялась, имеет многовековую историю, а в настоящее время в условиях беспрецедентного развития специализированных структур и функций эта проблема становится базовой.

Термин «гармонизация» используется и в целом ряде других сфер экономической деятельности, таких как гармонизация учета, гармонизированная система описания и кодирования товаров, гармоничность товарной номенклатуры и др.

Экономические процессы гармонизации пересекаются с другими понятиями такого рода, которые в большей степени являются пересекающимися, а не эквивалентными.

Можно перечислить следующие понятия, характеризующие назревшую важность разработки гармонизации экономических процессов и широко использующиеся в практике.

Сбалансированность – выявление равновесия между доходами и расходами, т. е. система взаимосвязанных показателей, характеризующих какое-либо явление или процесс путем сопоставления его отдельных сторон (доходов и расходов).

Равновесие – понятие, обозначающее ситуацию, когда экономические агенты или агрегаты, такие как рынки, не имеют побудительных причин к изменению своего поведения. В рамках этого понятия фигурируют такие положения, как равновесный уровень национального дохода, равновесная рыночная цена, равновесный темп инфляции, равновесие платежного баланса, равновесие потребителя.

Устойчивость – термин, обычно используемый в системах общего или частичного равновесия для обозначения степени устойчивости, например, равновесной цены или группы цен по отношению к внешним воздействиям на систему, которые на время отклоняют цену от равновесного уровня.

Оптимизация – выбор наилучшего варианта состояния системы из вероятного множества, разработка оптимальных решений с позиций определенного критерия оптимальности.

Унификация – установление различных форм по единому образу, приведение чего-либо к единой системе, форме, упорядочение.

Экономический оптимизм – траектория развития экономической системы, наилучшая относительно ее целей при данных внешних и внутренних условиях.

Таким образом, в настоящее время фактически определилась глобальная практическая позиция гармонизации сложных процессов на уровне социально-экономических систем, хотя этот термин применительно к широкому спектру политических, экономических и социальных проблем еще широко не применялся.

Промышленность и торговля играют важную роль в экономике индустриально развитых стран, в существенной мере зависят от гармонизации взаимоотношений с большим количеством внешних структур и обеспечения целого комплекса вопросов, связанных с экономической безопасностью.

Важнейшей тенденцией современной торговой политики является повышение роли законодательных решений и мер регулирования, которые связаны преимущественно с внутриэкономическими проблемами, или, иными словами, слияние внутриэкономической и торговой политики. Особенно явно это сказывается в таких областях, как торговля услугами, права интеллектуальной собственности, в которых эта взаимосвязь уже получила юридическое закрепление в рамках многосторонних международных соглашений [3].

В сферу торговой политики попадают не только экономические отношения, возникающие в процессе международного обмена товарами и услугами, но и отношения, возникающие в процессе общественного воспроизводства, так или иначе связанные с этим обменом. Это обусловлено формированием глобального мирового рынка и повышением степени интегрированности всех его элементов, интернационализации хозяйственных связей на основе углубления международного разделения труда в рамках развития единого процесса воспроизводства в мировой экономике.

Инструментами торговой политики служат экономические, правовые, административные и политические меры, средства и методы регулирования доступа на национальный рынок.

Благодаря использованию инструментов торговой политики становится возможным ослаблять наиболее болезненные последствия обострения конкуренции, устранять неблагоприятные искажения или слишком резкие изменения конкурентной среды. Современная торговая политика все в большей степени меняет свою направленность в сторону применения частичных и адресных ограничений, отказываясь от создания общих барьеров для доступа на внутренний рынок. Благодаря этому формируются более широкие и разнообразные возможности для использования преимуществ международного обмена товарами, услугами и факторами производства при минимизации экономических потерь и приемов.

Таким образом, правильное использование средств торговой политики позволяет повышать степень открытости экономики при уменьшении частных негативных последствий от неизбежного обострения иностранной конкуренции.

Усложнение процессов взаимодействия во всех системах со все большей необходимостью ставит вопрос об их гармонизации, которая как понятие все в большей степени отражает возникающую совокупность взаимосвязанных факторов, учитываемых при управлении функционированием этих беспрецедентно сложных систем и процессов.

В период коренных социально-экономических преобразований в нашей стране в конце прошлого и начале нового столетия в условиях «шоковой терапии» не было обеспечено необходимой гармонизации между макро- и микроэкономическими составляющими народного хозяйства, в результате чего произошло разрушение многих научных и производственных структур и сформировалась крайне напряженная социальная обстановка.

Прошедшее столетие показало, что недооценка гармонизации в сфере экономики приводит к крупным промышленным потрясениям.

Многочисленные проблемы согласования промышленной и торговой политики возникают из-за нерациональности общественного устройства, наличия в нем фундаментальных противоречий. К таким относится несоответствие экономических отношений уровню развития производительных сил.

Промышленная политика недостаточно увязана с торговой политикой в части разработки инструментов, обеспечивающих их гармонизацию, особенно с точки зрения экономической безопасности. Данная проблема имеет актуальность не только на федеральном уровне, но и на региональном, где непосредственно происходит реализация промышленной и торговой политики.

В настоящий момент у государства нет стратегии структурных преобразований экономики регионов. Для изменившихся условий отсутствуют схемы этих преобразований, включающих не только производительные силы, но и рыночные отношения. Узкая специализация производства ряда регионов, многих городов, особенно на тех отраслях, которые оказались кризисными, привела их к тяжелому экономическому и социальному положению.

Основным вопросом в реализации стратегии устойчивого развития региона является обоснование объектов и субъектов территориального хозяйствования. Именно здесь находится решение значительного комплекса проблем, связанных с выводом каждой территориальной ячейки на стратегически верный путь развития на основе рационального использования их ресурсных и технологических возможностей для развития промышленной и торговой сферы, охраны окружающей среды, поддержания уровня экологической безопасности; задействования эффектив-

Инструменты гармонизации промышленной и торговой политики

№ п/п	Показатели	Проблемы с точки зрения экономической безопасности	Инструменты гармонизации
1	Прирост валового регионального продукта	Снижение качества жизни населения. Угроза безработицы. Усиление внешнеэкономической зависимости	Комплекс инструментов, направленных на повышение ВРП
2	Индекс промышленного производства	Усиление зависимости от внешних рынков. Потеря промышленного потенциала	Государственная целевая поддержка отраслей. Включение целевых показателей в программные документы
3	Индекс производства сельского хозяйства	Потеря продовольственной безопасности. Снижение качества жизни населения	Протекционистская политика государства. Включение пороговых значений в программные документы
4	Доля в промышленном производстве обрабатывающей промышленности	Снижение ВРП за счет потери добавленной стоимости. Импортозависимость отечественного производства.	Государственная поддержка инвесторов. Целевая государственная поддержка импортозамещающих технологий
5	Доля в промышленном производстве машиностроения	Угроза потери промышленной безопасности страны	Целевые программы развития машиностроения
6	Доля инвестиций в основной капитал	Устаревание основных фондов. Потеря конкурентоспособности промышленного производства	Изменение амортизационной политики. Снижение налоговой нагрузки на обновление фондов
7	Отношение кредиторской задолженности предприятий и организаций	Потеря самостоятельности. Банкротство	Государственный и финансовый контроль. Установление предельных отношений
8	Индекс потребительских цен	Инфляционные процессы. Социальная напряженность	Поддержка конкуренции на рынке. Контроль за монопольными ценами
9	Объем оборота розничной торговли	Снижение ВРП. Сокращение объемов производства	Поддержка местных сетей розничной торговли. Поддержка местных производителей
10	Доля населения с доходами ниже прожиточного минимума	Высокая социальная поддержка. Социальная напряженность	Контроль за уровнем заработной платы. Поддержка предпринимательства (МСБ). Контроль за ценообразованием
11	Уровень общей безработицы	Криминализация. Социальная напряженность. Повышенная смертность	Государственная поддержка целевых программ промышленного развития. Поддержка предпринимательства
12	Продолжительность жизни	Потеря ВРП. Напряженность на рынке труда	Целевые программы по здравоохранению. Пропаганда здорового образа жизни. Контроль за качеством продуктов питания
13	Обеспеченность жильем	Миграция населения. Снижение производительности труда. Сокращение рождаемости	Контроль за уровнем заработной платы. Целевые программы по доступному жилью. Включение финансов предпринимательского сектора
14	Экологическая безопасность	Снижение продолжительности жизни населения. Младенческая и материнская смертность	Целевые программы. Государственная поддержка экологических мероприятий

ных рыночных механизмов и структур, видов собственности, позволяющих повысить экономическую активность работников и оптимизировать оборот материальных, финансовых и трудовых ресурсов как внутри, так и вне региона; оптимизации системы государственного и муниципального управления, базирующейся на объектах эффективного территориального хозяйствования.

Рыночные отношения создают для хозяйствующих субъектов предпосылки согласования отраслевых и территориальных факторов его развития, критерием которого теперь является экономическая целесообразность.

Гармонизация торговой и промышленной политики в регионе и его муниципальных образованиях исходит из следующих положений [4]:

1. Развитие промышленности является не самоцелью, а средством достижения социальных целей.

2. Многоуровневая торгово-промышленная структура территориального хозяйствования должна предопределяться рыночным радиусом действия производственных предприятий, сферы обслуживания населения.

3. Обеспечение единства процессов производства и потребления представляет основу для условий создания конкурентоспособной продукции и рационального использования имеющихся ресурсов.

Инструментами гармонизации промышленной и торговой политики могут быть следующие мероприятия (см. таблицу).

Таким образом, весь двадцатый век характеризуется как успешными, так и драматическими результатами процессов поиска эффективных структур и методов управления, обеспечивающих в условиях неравномерного развития стран высокие достижения в области науки и производства. Вследствие изменения внешних условий функционирования экономики страны и ее регионов возникают проблемы оценки факторов, влияющих на экономическую безопасность, взаимосвязи и взаимовлияния промышленной и торговой политики.

Гармонизация промышленной и торговой политики региона призвана определить проблемные вопросы интеграции и связанные с ними направления деятельности, возникающие из существа взаимоотношений регионального уровня с бизнес-единицами, определить сферы правового регулирования в рамках законодательства, обусловить конкретные региональные проекты в отдельных сферах торговли и промышленности.

Промышленная и торговая политика региона может быть определена как целенаправленная деятельность государственных органов по использованию власти и ее институтов с применением элементов управления и регулирования для принуждения и побуждения участников промышленного производства к внешнеэкономической деятельности и реализации важных для государства потребностей и интересов.

Библиографический список

1. Кострицкий, В. Я. Гармонизация деятельности малого предпринимательства в новой экономической среде [Электронный ресурс] / В. Я. Кострицкий, А. Е. Фатеев, М. Н. Яковлев [Электронный ресурс] // Экономика и производство : журн. депонир. рукописей. Электрон. дан. 2007. № 10. Режим доступа: http://www.mte-eco.ru. Загл. с экрана.

2. Пирс, Д. У. Словарь современной экономической теории Макмиллана / Д. У. Пирс. М. : Инфра-М, 2003.

3. Данильцев, А. В. Основы торговой политики и правила ВТО / А. В. Данильцев. М. : Междунар. отношения, 2005.

4. Большаков, С. Н. Политика регионального экономического развития: методы и механизмы / С. Н. Большаков. М. : Моск. обществ. науч. фонд, 2005.

A. S. Shpak

HARMONIZATION OF TRADE AND INDUSTRIAL POLICY TAKING INTO ACCOUNT ECONOMIC SAFETY

The concept «harmonization» is considered. The system of tools for the trade and industrial policy harmonization aimed at the economic safety provision is presented. The role of trade and industrial policy development is determined.

Keywords: tools, harmonization, industrial policy, trade policy.

УДК 332.1.

А. А. Бойко, Н. В. Бахмарева

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассматриваются основные проблемы управления воспроизводством основных производственных фондов на машиностроительных предприятиях.

Ключевые слова: проблемы, воспроизводство, управление, основные производственные фонды.

Современный машиностроительный комплекс – это совокупность отраслей промышленности, производящих разнообразные машины, представленный собственно машиностроением и металлообработкой. Машиностроение включает такие важнейшие отрасли, как энергетическое и электротехническое машиностроение, станкостроительная и инструментальная промышленность, приборостроение, транспортное машиностроение, автомобильная промышленность, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, а также ряд отдельных отраслей, выпускающих оборудование для добывающей и обрабатывающей промышленности, строительства.

Сегодня машиностроение в России насчитывает около 49 тысяч действующих предприятий и организаций, что составляет около 55 % всех предприятий промышленности.

В СССР развитие машиностроения шло преимущественно экстенсивным путем, в него постоянно вовлекались дополнительные трудовые, материальные и финансовые ресурсы, в результате чего был накоплен огромный производственный аппарат, который не имеет надлежащего научно-технического уровня и неэффективно используется. Это привело к ухудшению не только экономических показателей воспроизводства основных производственных фондов (ОПФ), но и финансовых показателей деятельности предприятий в целом.

В свою очередь, технические возможности и экономическая эффективность функционирования машиностроительного комплекса во многом определяется активной частью его основных производственных фондов. Машиностроение является одним из лидеров по проценту изношенности ОПФ, который достигает 54,3 %. Коэффициент выбытия основных средств в этой отрасли выше коэффициента обновления, вследствие чего подавляющее большинство этих средств функционирует за пределами экономически оправданных сроков службы.

Обновление ОПФ в современных условиях сдерживается тяжелым финансовым состоянием предприятий машиностроения и недостаточной инвестиционной поддержкой государства. Реализация технических и организационных новшеств осуществляется на машиностроительных предприятиях, как правило, в основном производстве, вследствие чего усиливается диспропорция между уровнем основного производства и уровнем поддержания основных фондов в работоспособном состоянии. Эксплуатационные затраты – одна из наиболее существенных статей затрат машиностроительных предприятий; они составляют 15 % себестоимости продукции. Результатом является низкая эффективность управления ОПФ, негативно влияющая на экономическое состояние предприятия в целом, так как производительность труда производственных рабочих в значительной мере зависит от состояния и работоспособности оборудования, длительности его простоев из-за ремонта; кроме того, без своевременного и качественного ремонта и обслуживания оборудования нельзя обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции.

Высокий физический и моральный износ и низкий технический уровень основных производственных фондов является причиной низкой степени загрузки оборудования. Низкая загрузка производственных мощностей на предприятиях машиностроения вполне корреспондирует с тем фактом, что более трети этих мощностей не пригодны для выпуска конкурентоспособной продукции.

В целом, общее состояние отрасли далеко от удовлетворительного. На сегодняшний день проблемы управления воспроизводством ОПФ и основные проблемы машиностроительных предприятий туго завязаны в один узел, причины и следствия переплетены так, что не всегда можно отличить одно от другого. По мнению большинства экспертов, одними из главных факторов, оказывающих влияние на рост эффективности воспроизводства ОПФ, являются управленческие факторы.

В сложившейся на предприятиях машиностроения хозяйственной практике вопросы воспроизводства основных фондов не выделяются из общей управленческой проблематики и решаются независимо отдельными производственными и управленческими структурами разного функционального назначения и подчиненности [1]. Распадаясь на отдельные области управления, процесс воспроизводства ОПФ выполняется службами предприятия без должной взаимоувязки вырабатываемых решений, при отсутствии единого центра, координирующего их деятельность. Актуальность проблемы управления воспроизводством ОПФ определяется прежде всего тем, что на предприятиях основное внимание по-прежнему уделяется вопросам технического развития производства и недооценивается тот факт, что рациональные производственные процессы возможны только при четком взаимодействии всех его ресурсов – предметов, средств труда и самого труда.

Именно неэффективное управление воспроизводством ОПФ следует считать наиболее характерной для современных предприятий проблемой, препятствующей их успешному функционированию в условиях сложившихся рыночных отношений.

Для того чтобы создать эффективный механизм управления воспроизводством ОПФ на машиностроительных предприятиях, необходимо прежде всего выделить реальные причины данной проблемы в этой области и объекты совершенствования.

Большинство машиностроительных предприятий характеризуется присутствием в них крупных вертикально-интегрированных структур, контролирующих основную часть производства, что сильно повлияло на организацию управления процессом воспроизводства основных фондов в целом.

Многолетний опыт использования вертикально-интегрированных структур управления [2; 3; 4] показал, что они наиболее эффективны там, где аппарат управления выполняет рутинные, часто повторяющиеся и редко меняющиеся задачи и функции, решая стандартные управленческие проблемы. Их достоинства особенно проявлялись в управлении предприятиями в стабильных внешних условиях, характеризующихся немногочисленностью внешних факторов и невысоким уровнем их воздействия на организацию.

Однако в динамично меняющихся современных рыночных условиях количество и сложность задач управления воспроизводством оборудования постоянно растет. Огромную роль в данном процессе играет и фактор времени, обязывающий ускорять оперативность в принятии управленческих решений.

Между началом работы и конечным результатом, между исходным сырьем и конечным продуктом стало появляться все больше и больше звеньев в единой цепи работ, что неизбежно вело к росту промежуточного звена руководящих органов. В связи с этим возникла громоздкая иерархия, каждая ступень которой последовательно расширяла «административную емкость» вышестоящей, что в конечном счете и привело к бюрократизации. В результате – огромные потери эффективности общей деятельности и отдельных ее функций. При этом наибольшие резервы эффективности деятельности каждой функции, да и всего процесса в целом заложены именно на стыках звеньев единой цепи работ по достижению конечного результата, а также в сфере координации совместных действий, обеспечивающих оперативное управление и рациональность ресурсозатрат.

Управление, ориентированное на функцию, основано в первую очередь на разобщенном, несогласованном использовании ресурсов предприятия, не позволяющем получить значительный экономический эффект и достичь высоких показателей.

Важным показателем развитости любой системы управления является характеристика связей между ее структурными элементами. Для большинства предприятий машиностроения характерны достаточно разобщенные, неразвитые действующие производственные связи между функциональными отделами. И добиться усиления и объединения этих связей при такой организации управления довольно проблематично, в силу того что регламентация работ в данных организационных структурах реализуется через функции, при этом управление функциями осуществляется «сверху вниз» через вертикальную иерархию. Принятие основных решений происходит на верхнем уровне управления, а единственным «владельцем» (терминология ISO) всех процессов в компании является «первое лицо» компании: генеральный директор, который единолично отвечает за качество конечного результата и сроки [5].

Руководители более низкого ранга несут ответственность только за выполнение отдельных действий (функций), а не за весь результат деятельности (бизнес-процесс). Они не отвечают за работу от начала до конца, направление их деятельности только в рамках функциональной области, формально говоря, для них работа попросту не определяется другим образом [5].

Реализация каждой функции обеспечивается соответствующим подразделением, которое выступает структурным элементом в общем процессе воспроизводства ОПФ. Подразделения, находящиеся на одном иерархическом уровне, но в разных функциональных зонах, никак не могут повлиять на деятельность соседних подразделений ввиду отсутствия регламентации их взаимоотношений. Работники этих подразделений также не являются «совладельцами» общего результата работы, они попросту не понимают своей роли в этом процессе, а взаимодействие между сотрудниками отдела носит хаотичный характер. Обособленное положение каждой службы внутри предприятия приводит к неоправданной конкуренции между функциональными отделами и подразделениями организации, система оценки их деятельности осуществляется по результатам функции, критерием результативности функционального подразделения является мнение его начальника, что означает стремление (подсознательное или осознанное) каждого работника угодить своему начальнику, а не подготовить вовремя информацию для коллеги из соседнего отдела, необходимую для выполнения определенной работы, а тем более для клиента.

Все вышесказанное не позволяет, с одной стороны, обеспечить и продемонстрировать осведомленность персонала о своем вкладе в конечный результат деятельности, а с другой стороны, не позволяет обеспечить конкретную ответственность за этот вклад. Выполнение функций осуществляется как бы в безвоздушном пространстве, при отсутствии внимания заинтересованных сторон. А эти стороны естественно имеют свою точку зрения на то, что является успехом общей деятельности. В силу того что заинтересованными сторонами (потребителями) процесса воспроизводства ОПФ выступают, как правило, внутренние потребители (отделы и службы), они, как магниты, постоянно тянут на себя возможности данного процесса. Обособленность подразделений и служб друг от друга приводит к монополизации решений, подмене целевых ориентиров организации на функциональные целевые ориентиры. Из-за отсутствия баланса интересов заинтересованных сторон «поле менеджмента» процесса воспроизводства постоянно вынуждено быть асимметричным.

Результатом такого дисбаланса интересов, замкнутости функциональных подразделений является однобокость, разрозненность, а иногда и противоречивость взглядов на данный процесс при принятии управленческих решений. Таким образом, достигаемые при этом цели противоречат друг другу. К примеру, персонал, отвеча-

ющий за процесс воспроизводства ОПФ, не связан с финансово-экономическими службами, поэтому не представляет себе, как с приобретением нового оборудования изменится рыночная позиция предприятия, его финансовые результаты; при выборе оборудования не проводится технологическая оценка его применения к конкретной номенклатуре деталей для определения набора необходимых опций, поэтому в реальном производстве приходится сталкиваться либо с необходимостью дозакупки (часто ее стоимость близка к стоимости базового комплекта), либо дорогие приобретенные опции оказываются невостребованными; «плановое» перевооружение слабо связано со спецификой изделий, которые планируется изготовлять на новом оборудовании, и ориентировано на сохранение сложившейся технологии; тенденция «лоскутного» обновления приводит к сложностям в обслуживании оборудования различных производителей и комплектации запчастями.

Поверхностный анализ состояния дел в области управления ОПФ приводит к формальному подходу к созданию и функционированию системы воспроизводства ОПФ и качеству проделанной работы.

Анализ предпринимаемых мер по совершенствованию управления воспроизводством ОПФ показал, что проблемами на пути создания эффективной структуры управления ОПФ являются слабое делегирование полномочий и ответственности за принимаемые решения и усложненная система согласований на уровне того участка работы, где она выполняется.

Для принятия любого решения, независимо от его важности, требуется участие вышестоящего начальника. Он в свою очередь согласовывает предполагаемые решения на более высоком уровне и т. д. Прежде всего от подобного механизма «управления» страдает эффективность и бесперебойность протекания всей работы, снижается скорость принятия решений. Так, решения, определяющие организацию основных фондов, в лучшем случае вырабатываются в процессе одновариантного решения, оперативные же решения принимаются, как правило, интуитивно, на основе опыта работников с учетом имеющихся рекомендаций практического характера.

Сравнительно низкая степень разграничения полномочий и ответственности в служебной иерархии (наличие функциональных барьеров), нежелание руководителей расширять круг объективно решаемых задач управления, брать на себя ответственность за принимаемые решения ведет к снижению мотивации всех сотрудников организации по улучшению общей деятельности, к отсутствию инициативы работников самостоятельно искать пути и способы решений закрепленных за ними задач.

Анализ практической деятельности машиностроительных предприятий показал, что работники остаются в рамках должностных инструкций, в рамках стандартных методов. Чем меньше у сотрудников организации остается возможностей формировать свою работу, тем меньше у них и ответственности за результат этой работы. Например, если руководитель единолично определяет условия работы для сотрудников, то последние почти всегда будут иметь лишь должностные обязанности, которые им остается только выполнять. При этом сотрудники не будут чувствовать себя ответственными за выполнение своих функций, поскольку требования к работе уже заранее предопределены, а процессы контролируются. Они выполняют свою работу в соответствии с должностными обязанностями, но не берут на себя никакой инициативы, они не идут на риск и не проявляют чувства личной ответственности. Многие должностные обязанности сформулированы только в виде «устных сообщений» и не закреплены на бумаге. В результате возникают сложности, связанные с определением ответственности, круга обязанностей каждого сотрудника, механизма контроля и отчетности. Такая обстановка не создает никаких предпосылок для обретения полномочий и служащим не остается ничего иного, как продолжают выполнять задания, руководствуясь приказами свыше.

Следует подчеркнуть, что если работники и берут на себя обязательства, то не всегда способны выполнить их в полном объеме, и этому способствуют следующие причины:

– ограниченное восприятие организационных задач, не выходящее за рамки подразделения, что принижает общеорганизационные цели и задачи до функциональных;

– недостаток профессиональных знаний, особенно если дело касается узкоспециализированной сферы деятельности;

– банальная нехватка времени из-за большого объема выполняемых обязанностей;

– ограничение возможности профессионального развития функциональных и особенно линейных руководителей (последние освобождаются от специализированных управленческих функций, сосредоточивая свое внимание на проблемах собственно производства);

– проблемы в управлении общим обучением работников.

Надо отметить, что доля обученного и мотивированного персонала в общей численности ничтожно мала, а для нормального функционирования предприятию требуются высококвалифицированные кадры. Именно управление общим обучением определяет структуру персонала, по существу, формирует будущий облик всего коллектива предприятия. Организация должна сама стремиться к тому, чтобы ее сотрудники глубже овладевали своей профессией, а также «росли вширь», осваивая смежные профессии. Как показывает обследование предприятий, в машиностроении низкая квалификация кадров является причиной около 70 % брака и 30 % поломок оборудования, а также 35 % снижения производительности труда [4].

По мнению большинства экспертов, одной из основных причин более половины проблем, связанных с эффективностью деятельности персонала предприятий, является недостаточная информация. Благодаря улучшению качества и оперативности информации, которую получают работники, можно повысить эффективность деятельности компании на 20, а то и на 50 % [4]. В структурных подразделениях организации обеспечивается обобщение информации «снизу вверх», а также ее конкретизация «сверху вниз». Формирование коммуникационных сетей и создание условий для успешного функци-

онирования коммуникаций в организации составляет одну из важнейших задач управления.

В настоящее время на предприятиях машиностроения работники управленческого персонала используют не более 1/3 циркулирующей информации [1]. Это свидетельствует о том, что нарушаются информационные потоки внутри предприятия и связи с внешним миром. Однако одной информации для эффективной работы недостаточно, необходимы еще и коммуникационные связи. Основная цель коммуникаций на большинстве предприятий – это передача приказов и контроль за их выполнением, а не обеспечение понимания поступающей информации, являющейся предметом обмена. При иерархической, субординированной структуре управления воспроизводством ОПФ на машиностроительных предприятиях значимость коммуникационных потоков невелика, эта структура рассчитана в основном на письменные, формальные виды каналов коммуникаций и на вертикальный поток сообщений от руководителя к подчиненным. Однако информации, поступающей «сверху вниз», приходится проходить все промежуточные уровни иерархии управления, тем самым преодолевая сложные коммуникационные потоки. Это трудный процесс, поскольку каждый этап прохождения информации является одновременно точкой, в которой может быть искажен или полностью утрачен смысл сообщения или задержано исполнение решений. Наличие слабой обратной связи, преобладание одностороннего обмена информацией несет с собой ряд неточностей, искажение и отсутствие уверенности в правильности интерпретации сообщений.

Структурные подразделения характеризуются устойчивыми связями внутри своего отдела. С точки зрения получения и обработки деловой информации структурные подразделения считают себя самодостаточными. Благодаря многочисленным контактам между сотрудниками своего подразделения, постоянному обмену информацией и возможности ее быстрой проверки, сотрудники пренебрегают внешними связями с другими функциональными подразделениями и с недоверием относятся к получаемой извне информации, они в основном анализируют внутреннюю информацию, границы получаемой и исходящей информации становятся более жесткими. Такое состояние структурных подразделений в конечном счете отрицательно сказывается на процессах интеграции в организации. Разобщенность, закрытость и недоверие – характеристики организации, в которой присутствуют в основном взаимосвязанные коммуникационные сети, создающие барьеры для свободного перетекания информации в организации. Преграды на пути обмена информацией могут также быть следствием перегрузки каналов коммуникаций. Руководитель, поглощенный переработкой поступающей информации и необходимостью поддерживать информационный обмен, не в состоянии эффективно реагировать на всю информацию. Он вынужден отсеивать менее важную информацию и оставлять только ту, которая кажется ему важной. К сожалению, понимание руководителем важности информации может отличаться от понимания ее другими работниками организации.

Дублирование функций, задач и полномочий неизбежно приводит к параллельным потокам информации, ее искажению и замедлению движения при принятии управленческих решений. Поскольку одна и та же информация поступает в подразделения организации и к ее руководству из разных источников, то дублирование информации тоже неизбежно. Кроме того, чем больше уровней руководства в организационной структуре, тем больше вероятность информационных искажений, так как каждый уровень фильтрует и корректирует передаваемую информацию. Нерациональная структура может вызвать конфликты между различными подразделениями и отдельными руководителями, что естественно создает серьезные проблемы при обмене информацией и принятии управленческих решений.

В таких условиях вопрос распространения идеологии ориентации на потребности клиента и конечный результат деятельности всей организации становится проблематичным; процессы принятия высшим руководством решений по улучшению общей деятельности, нацеленной на конечный результат, не согласованы с процессами принятия решений по всем другим аспектам и критериям деятельности предприятия.

Таким образом, выявленные проблемы управления воспроизводством ОПФ и их причины заставляют пересмотреть базовые принципы проектирования организационных структур и перейти к ориентации не на функции, а на процессы.

В условиях разобщенности, неразвитости действующих производственных связей важно осознание каждым сотрудником предприятия необходимости совершенствования организационной структуры управления с целью решения взаимовыгодных задач, важно понимание сотрудниками сложившейся ситуации, побуждающей их к совместным действиям. И здесь на помощь приходит процессно-ориентированный подход к управлению воспроизводством ОПФ. Управление, ориентированное на процессы, основано, в первую очередь, на комплексном (интегрированном) использовании ресурсов предприятия, позволяющем получить высокий экономический эффект [5]. Основой процессно-ориентированной структуры управления должен стать ориентир на потребителя, выпуск конкурентоспособной продукции и оказание услуг высокого уровня качества со стабильными показателями. Именно подобного рода организационная структура станет тем самым инструментом, с помощью которого можно создать эффективный механизм управления воспроизводством основных фондов на машиностроительных предприятиях.

Библиографический список

1. Кабаков, В. С. Управление основными фондами / В.С. Кабаков. Л. : Изд-во Ленинград. ун-та, 1977.

2. Баринов, В. А. Организационное проектирование / В. А. Баринов. М. : Инфра-М, 2005.

3. Кукарцев, А. В. Методика перехода к управлению организацией на основе процессного подхода : монография / А. В. Кукарцев, А. А. Бойко ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008.

4. Минцбург, Г. Структура в кулаке / Г. Минцбург. СПб. : Питер, 2002.

5. Кондратьев, В. В. Показываем бизнес-процессы / В. В. Кондратьев, М. И. Кузнецов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Эксмо, 2008.

A. A. Boiko, N. V. Bahmareva

MANAGEMENT PROBLEMS OF BASIC PRODUCTION ASSETS REPRODUCTION AT THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

The management problems of basic production assets reproduction at the machine-building enterprises are considered.

Keywords: problems, reproduction, management, basic production assets.

УДК 658.232

М. А. Рагозина

ПОНЯТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Раскрывается значимость определений производственной мощности и производственного потенциала, их экономическая сущность, проводится предметное разграничение между данными понятиями и формулируются авторские определения.

Ключевые слова: производственный потенциал, производственная мощность, характерные особенности, экономическая сущность, предметное разграничение.

Являясь основным звеном народнохозяйственного комплекса, предприятие концентрирует в себе все ресурсы производства. Здесь развертываются главные экономические процессы, создается и приумножается народное богатство, формируется национальный доход общества, обеспечивается решение экономических и социальных задач, складываются производственные и социальные отношения. В связи с этим объективная оценка производственных возможностей предприятий, а также параметров и характеристик их производственного потенциала имеет важное значение для принятия решений.

Таким образом, изучение производственного потенциала, направленное на поиск путей более эффективного его использования, становится все более актуальным, а сама эта проблема приобретает народнохозяйственную значимость.

Обзор существующей экономической литературы по данной проблеме показывает, что единое мнение ученых и экономистов по определению понятия «производственный потенциал» (ПП) отсутствует.

Этимологически термин «потенциал» происходит от латинского слова potentia. В словаре иностранных слов этот термин толкуется как мощь, сила. В Большой советской энциклопедии приводится следующее определение потенциала: «…средства, запасы, источники, имеющиеся в наличии и могущие быть мобилизованы, приведены в действие, использованы для достижения определенных целей, осуществления плана; решения какой-либо задачи; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области».

Одним из первых понятие производственного потенциала использовал академик А. И. Анчишкин. По его мнению, производственный потенциал представляет собой набор ресурсов, принимающих в процессе производства форму факторов производства.

По мнению Э. Б. Фигурнова, производственный потенциал – это совокупность ресурсов, в результате использования которых производится определенное количество материальных благ; ресурсы производства, количественные и качественные их параметры, определяющие максимальные возможности по производству продукции в каждый данный момент.

С Фигурновым согласен В. И. Свободин, который подчеркивает, что производственный потенциал – это совокупность совместно функционирующих ресурсов, обладающих способностью производить определенный объем продукции.

Аналогичная точка зрения отражена и в работе Д. К. Шевченко, по мнению которого производственный потенциал представляет собой совокупность производственных ресурсов, соединенных в процессе производства, обладающих определенными потенциальными возможностями по производству продукции.

Как считал Ю. Ю. Донец, производственный потенциал – синоним производственной мощности, максимально возможный годовой, суточный, часовой или отнесенный к другой временной единице объем выпуска продукции.

С точки зрения П. А. Фомина и М. К. Старовойтова, производственный потенциал – это потенциальный

объем производства продукции, потенциальные возможности основных средств, потенциальные возможности использования сырья и материалов, потенциальные возможности профессиональных кадров [1].

Под производственным потенциалом Л. Д. Ревуцкий понимает объем работ в приведенных единицах измерения затрат труда (нормо-часах), который может быть выполнен в течение некоторого периода времени (например, года) основными производственными рабочими на базе имеющихся производственных фондов при двух- или трехсменном режиме работы и оптимальной организации труда и производства.

Рассматривая производственный потенциал предприятия, Ревуцкий ограничивается только трудовыми ресурсами, определяя его как «...технически, организационно, экономически и социально-обоснованную норму эффективного рабочего времени основного производственного персонала предприятия за определенный интервальный период календарного времени» [2].

В практическом инструментарии организации управления промышленным предприятием даются следующие два определения.

Производственный потенциал – это система экономических отношений, возникающая между хозяйствующими субъектами на макро- и микроуровнях по поводу получения максимально возможного производственного результата, который может быть достигнут при наиболее эффективном использовании производственных ресурсов, при имеющемся уровне техники и технологий, передовых формах организации производства.

Производственный потенциал предприятия – это отношения, которые возникают на микроуровне между работниками самого предприятия по поводу получения максимально возможного производственного результата, который может быть достигнут при наиболее эффективном использовании производственных ресурсов, при имеющемся уровне техники и технологий, передовых формах организации производства, и вне зависимости от состояния внешней среды. Противоречивый характер этих отношений определяется внутренней средой самого предприятия, а ПП заключается в поиске и реализации внутренних источников саморазвития [3].

Старший специалист отдела администрирования кредитов ОАО «Банк Уралсиб» Е. П. Посошкова заявила: «Развитие бизнеса заключается в том, что каждое предприятие, обладая собственностью, стремится ее приумножить. Результат использования собственности, зависящий от предприимчивости менеджеров, подразумевает эффективное использование потенциала предприятия». Е. П. Посошкова определила ПП как источники, возможности, средства, запасы, которые могут быть приведены в действие, использованы для достижения определенной цели, совокупную способность производить продукцию различного назначения, оказывать услуги населению [4]. Профессор В. В. Ковалев в понятие потенциала предприятия включает только ресурсную составляющую и дает следующее определение: «Потенциал предприятия – совокупность средств предприятия, находящихся под его контролем [5]. Ряд ученых (Л. И. Абалкин, В. А. Золотарев, И. Н. Волик, И. Лукинов, Г. В. Савицкая) рассматривает производственный потенциал как совокупность ресурсов без учета их взаимосвязей и участия в процессе производства. Это наиболее всеобъемлющее определение. Другие (К. А. Болотный, Н. В. Ротко, В. И. Кушлин, М. У. Слижис) отождествляют производственный потенциал с основными фондами, материальными и трудовыми ресурсами. Авторы конкретизируют ресурсные составляющие производственного потенциала. Не следует ограничивать рассмотрение производственного потенциала предложенными составляющими, целесообразно также рассматривать в составе данной категории информационно-коммуникационные ресурсы и ресурсы управления. Экономист Т. Б. Бердникова определяет производственный потенциал как «...категорию, объединяющую различные производственные возможности предприятия по выпуску и реализации различных видов продукции, оказанию услуг» [6].

Однако наиболее обоснованное мнение по вопросу сущности понятия производственного потенциала высказывают ученые В. А. Богомолова и Нгуен Т. Т. Ханг. Они определяют производственный потенциал предприятия как «...имеющиеся у него потенциальные возможности по выпуску конкурентоспособной продукции при использовании совокупности имеющихся на предприятии технических, трудовых и материально-энергетических ресурсов». Ряд авторов сравнивает производственный потенциал только с основными фондами и производственной мощностью предприятия (объединения), к ним относятся Ю. Ю. Донец, Л. М. Смышляева, В. К. Фальцман Отождествление ПП с ресурсами и производственной мощностью не совсем корректно: между этими понятиями существуют принципиальные различия. Наиболее обоснованно различия между потенциалом и ресурсами приводится в работе С. Д. Мартынова, который отмечает, что понятие «ресурс» относится в основном к материальным составляющим процесса производства (средствам труда, предметам труда, ресурсам труда и т. п.), а понятие «потенциал» связано с человеком, использующим и создающим новые ресурсы в процессе своей деятельности.

Ресурс является фактором производственной деятельности. Только в процессе производства средства производства превращаются из учетно-статистической категории в категорию экономическую и становятся элементами производственного потенциала. Таким образом, производственный потенциал – это категория, отражающая сами возможности вовлечения ресурсов в производство и их взаимообусловленность. В этом и состоит принципиальная разница между понятием «производственные ресурсы» и «производственный потенциал».

По вопросу нетождественности понятий производственной мощности и производственного потенциала имеются различные точки зрения. Так, например, Р. Л. Сатановский видит это различие в следующем: «...если... производственный потенциал показывает возможный выпуск продукции, который можно достичь при оптимальном использовании имеющихся ресурсов, то производственная мощность показывает их фактическое использование».

А ряд авторов отмечает, что производственная мощность (ПМ) как показатель не отражает полностью все потенци-

альные возможности, заложенные в производственном потенциале, так как она характеризует в основном потенциальные возможности средств труда без учета их сбалансированности с рабочей силой. Это явно видно из определения производственной мощности, данном Л. И. Итиным, как возможности с помощью имеющихся в распоряжении предприятия средств труда производить максимальное количество продукции в единицу времени.

Со своей стороны, А. Н. Золотарев и И. К. Волик видят это отличие в том, что производственная мощность является производственно-технической категорией, а производственный потенциал предприятия выступает как категория социально-экономическая. ПМ отражает потенциальные масштабы основного производства, обусловленные имеющимся парком оборудования и его производительностью, а ПП характеризует возможности предприятия по изготовлению и поставке продукции, исходя из имеющихся в его распоряжении основных факторов производственного процесса – рабочей силы, средств труда, энергетических и материальных ресурсов, а также условий, определяющих ускорение внедрения достижений НТП.

Несмотря на различные формулировки исследуемых понятий, становится ясно, что суть отличия производственного потенциала от производственной мощности состоит в том, что ПМ характеризует лишь максимальную способность основных производственных фондов и раскрывает их потенциальные возможности, обусловленные прогрессивной технологией и организацией производства, а ПП раскрывает объемы всех производственных ресурсов и их потенциальные возможности, которыми располагает хозяйственная система в определенных внешних и внутренних условиях, т. е. он выступает как органичное единство всех основных элементов процесса производства. В этой связи производственную мощность можно рассматривать в качестве одной из характеристик производственного потенциала [7].

Таким образом, предлагается следующая авторская формулировка: *производственный потенциал предприятия – это сложная социально-экономическая система, имеющая в своем распоряжении взаимосвязанные и взаимодействующие технические, трудовые и материально-энергетические ресурсы, обладающие определенными потенциальными возможностями по выпуску конкурентоспособной продукции*.

К отличительным чертам производственного потенциала можно отнести следующие:

Первая – это целостность. Она означает, что все элементы потенциала служат общей цели, стоящей перед системой. Целостность потенциала обеспечивается реализацией в процессе управления его формированием и использованием принципов общности и единства целевой функции для производственного потенциала и каждого его элемента; общности критериев эффективности функционирования и развития элементов и самого потенциала в целом.

Второй отличительной чертой потенциала является сложность. Она проявляется в наличии нескольких составляющих элементов, каждый из которых представляет собой совокупность отдельных частей. Кроме того, в системе существуют обратные материально-вещественные и информационные связи между элементами потенциала.

В качестве третьей характерной особенности производственного потенциала следует отметить взаимозаменяемость, альтернативность его элементов. Но ее не следует понимать чисто механически, хотя в ее основе и лежат технические и технологические особенности производства (например, замещение живого труда машинным). Поэтому в качестве одной из форм взаимозаменяемости элементов производственного потенциала следует рассматривать сбережение производственных ресурсов в результате применения нового оборудования, технологии, энергии, информационных ресурсов и методов организации управления и производства. При этом степень альтернативности непостоянна и зависит от экономической ситуации, уровня развития производственного потенциала, особенностей хозяйственной системы. Также важно понять, что теоретически элементы могут замещать друг друга неограниченно, но существует предел взаимозаменяемости. Кроме того, это процесс периодический по своим количественным характеристикам и по времени. В целом, благодаря этой характеристике элементы потенциала обладают способностью достигать сбалансированного равновесия.

Четвертой характеристикой потенциала является взаимосвязь и взаимодействие его элементов. Это качественная и количественная взаимосвязь, выраженная мерой соответствия и соотношения вещественных, личных и невещественных факторов производства. Интегральное действие элементов наводит на мысль о наличии структур производственного потенциала, соразмерных его минимальной и максимальной отдаче. Становится ясным, что с улучшением только одного элемента невозможно добиться существенного роста отдачи производственного потенциала. Наивысшая отдача потенциала возможна только при одновременной модернизации всех его элементов.

Пятым характерным признаком производственного потенциала можно назвать его способность к восприятию в качестве элементов новейших достижений научно-технического прогресса, способность к развитию путем непосредственного и систематического использования новых технологических идей. При этом производства с более высокой научно-технической емкостью более эффективны и имеют более широкие перспективы развития.

Шестой характерной особенностью производственного потенциала является гибкость. Она свидетельствует о возможностях переориентации производственной системы на выпуск новой продукции, использования других видов материалов и т. д., без коренного изменения его материально-технической базы. Требование к повышению гибкости производственного потенциала особенно актуально в условиях нестабильности рыночной обстановки, возрастания колебаний объема и структуры спроса, резкого ускорения темпов научно-технического прогресса в промышленном производстве.

Седьмой отличительной характеристикой производственного потенциала является его классовый характер, чем в значительной степени определяются его масштабы и структура. Так, цели модернизации производства зак-

лючаются в желании капитала уйти от решения социальных проблем, получить новый стабильный источник сверхприбыли, эффективное средство давления на рабочий класс и орудие борьбы с профсоюзами.

Наконец, следует отметить еще одну характеристику производственного потенциала – его мощность. Она представляет собой количественную оценку производительной способности потенциала предприятия. Мощность потенциала, будучи объективно определена, показывает место конкретного хозяйственного подразделения в отраслевом и народнохозяйственном потенциалах. Она служит важным связующим звеном между производственным потенциалом, научно-техническим и экономическим потенциалами общества.

Для характеристики производственного потенциала предприятия или его структурного подразделения достаточно часто используется понятие производственной мощности.

Эффективная деятельность предприятий машиностроительного комплекса определяется в рыночных условиях ростом объемов производства и продажи продукции, увеличением валовой выручки и прибыли, улучшением использования экономических ресурсов и основных производственных фондов. В настоящее время рост объемов производства достигается на предприятиях за счет развития производственной мощности и повышения степени ее использования. В связи с этим важное значение приобретает определение понятия производственной мощности предприятия [8].

Единое мнение по определению понятия «производственная мощность» (ПМ) также отсутствует. Например, некоторые ученые рассматривают производственную мощность как максимально возможный выпуск продукции в номенклатуре и ассортименте планового года, при полном использовании производственного оборудования с учетом намечаемых мероприятий по внедрению передовой технологии производства.

По мнению других, производственная мощность – максимальное количество продукции, которое потенциально может быть произведено, или максимальное количество сырья, которое потенциально может быть переработано с помощью совокупности средств труда в единицу времени. А значит, мощность, как количественная характеристика, наиболее полно отражающая экономическое содержание средств труда, выступает в качестве организационной формы их производственного потребления. Она отражает общественные отношения людей с целью использования орудий труда при осуществлении процесса производства продуктов. Следовательно, производственную мощность имеют не средства труда, а соответствующие производственные единицы, в которых организационно функционируют данные средства труда. Это позволяет сделать вывод о том, что мощность отражает экономические отношения и возможности каждой производственной единицы как части общественного производства и представляет собой экономическую категорию.

Таким образом, как экономическая категория производственная мощность отражает производственные отношения с целью использования организованной совокупности наиболее активного вида средств труда – машин и оборудования – для обеспечения максимального выпуска продукции. Под влиянием научно-технического прогресса в развитии техники происходят значительные качественные изменения. Они находят свое отражение в усложнении техники, увеличении ее единичной мощности. Создаются и внедряются крупные системы машин, способные значительно повысить эффективность оснащения предприятий и ускорить производственный процесс за счет его поточности, непрерывности и гибкости. В результате этого возникают качественно новые возможности формирования и роста производственных мощностей действующих предприятий.

Следующее определение производственной мощности предприятия (цеха, участка) дает В. К. Скляренко: это способность закрепленных за предприятием средств труда (технологической совокупности машин, оборудования и производственных площадей) к максимальному выпуску продукции за год (сутки, смену) в соответствии с установленной специализацией, кооперированием производства и режимом работы [9].

По мнению А. Курцева, производственная мощность предприятия (цеха или производственного участка) характеризуется максимальным количеством продукции соответствующего качества и ассортимента, которое может быть произведено им в единицу времени при полном использовании основных производственных фондов в оптимальных условиях их эксплуатации [10].

Данные определения не учитывают влияния таких компонентов, обеспечивающих эффективность производственного процесса, как трудовые, материальные и финансовые ресурсы. Отсутствие у предприятия финансовых и трудовых ресурсов в достаточном объеме для нормального функционирования производственного процесса очень часто в настоящее время приводит к остановке и срывам в производственном процессе.

При определении сущности производственной мощности как важнейшего экономического показателя в условиях рыночной системы хозяйствования возникает необходимость учета данных о состоянии потребительского спроса на производимую и планируемую к производству продукцию. С точки зрения эффективности функционирования промышленных предприятий непременным условием является равновесие спроса и предложения на все виды продукции, работ и услуг. Поэтому в условиях рынка первостепенное внимание на каждом предприятии должно уделяться динамике и прогнозу показателей спроса на определенный временной период для планирования развития производственной мощности и наличия необходимых резервов [8].

Заметим, что производственная мощность как возможность производить определенную продукцию предполагает наличие на предприятии или в его подразделении соответствующего оборудования, производственных площадей, финансовых, материальных и трудовых ресурсов. В таком понимании производственной мощности учитываются все элементы производственного процесса, обеспечивающие его рациональное функционирование в рыночной среде. Именно имеющийся на предприятии или в подразделении набор ресурсов данного соста-

ва и объема, определенным образом взаимосвязанных в пространстве и времени (посредством определенной технологии, организации производства и т. п.), определяет возможность максимального выпуска продукции заданной номенклатуры [11].

Производственная мощность как совокупность основного капитала, трудовых, материальных и финансовых ресурсов представляет собой производственный потенциал машиностроительного предприятия, который обеспечивает выполнение стратегических целей и способствует росту конкурентоспособности предприятия на рынке [8].

Производственная мощность является частью производственного потенциала предприятия. Вследствие этого авторы предлагают к применению следующую формулировку: *производственная мощность – это часть производственного потенциала предприятия, способная выпускать максимальное количество продукции соответствующего качества и ассортимента, с учетом наиболее полного использования оборудования и производственных площадей, прогрессивных технологий и организации производства, которая в совокупности с трудовыми, материальными и финансовыми ресурсами способствует расширению производственных возможностей предприятия с целью формирования обоснованной рыночным спросом производственной программы.*

При формировании производственной мощности учитывается влияние следующих факторов: номенклатуры; ассортимента; качества продукции; парка основного технологического оборудования; среднего возраста оборудования; эффективного годового фонда времени его работы при установленном режиме; уровня сопряженности парка; размера производственных площадей и т. п.

От производственной мощности зависит степень удовлетворения рыночного спроса, который может изменяться по объему, номенклатуре и ассортименту, поэтому производственная мощность должна предусматривать гибкость всех технологических операций, т. е. возможность своевременно перестроить производственный процесс в зависимости от роста конкурентоспособности продукции, изменения объема, номенклатуры и ассортимента. Производственная мощность рассчитывается по всему перечню номенклатуры и ассортимента выпускаемой продукции. В условиях многономенклатурного производства, когда выпускаемая продукция характеризуется сотнями наименований изделий, каждое из которых отличается не только назначением или конструктивными особенностями, но и технологией изготовления, осуществляются группировка всей номенклатуры производимой продукции и выбор изделия-представителя. Производственная мощность рассчитывается по ведущим производственным цехам, участкам и оборудованию с учетом сложившейся кооперации и мероприятий по ликвидации «узких мест». К ведущим подразделениям относятся подразделения, в которых выполняются основные технологические операции по изготовлению плановой продукции.

Производственная мощность является исходным пунктом планирования производственной программы предприятия. Она отражает потенциальные возможности объединений, предприятий, цехов по выпуску продукции.

Развитие нашей экономики на современном этапе и в ближайшей обозримой перспективе обусловливает необходимость совершенствования организации использования производственных мощностей действующих предприятий. Ведь более высокий уровень использования производственной мощности значительно уменьшает потребность во вводе новых производственных мощностей и позволяет направлять прибыль предприятия на механизацию и автоматизацию производства, улучшение условий труда и т. д. Следует отметить, что эффективное использование основных фондов и производственной мощности на любом предприятии в условиях развития рыночных отношений во многом определяется повышением качества продукции как основы повышения конкурентоспособности предприятия на внешнем и внутреннем рынках.

Организация интенсивного использования наличных производственных мощностей является важным фактором экономического роста, при котором не только повышается эффективность применяемых мощностных ресурсов, но и возрастает ее значение в приросте продукции, т. е. когда главным источником увеличения выпуска продукции становится экономия этих ресурсов.

Рациональное использование производственных мощностей обеспечивается путем нормативного распределения прибыли или дохода. Это является действенным рычагом мобилизации внутренних резервов для увеличения выпуска продукции и улучшения всех технико-экономических показателей деятельности предприятий.

Библиографический список

1. Фомин, П. А. Особенности оценки производственного и финансового потенциала промышленных предприятий [Электронный ресурс] / П. А. Фомин, М. К. Старовойтов // [Материалы представлены ЗАО «КИС»]. Электрон. дан. Сор. 1997–2009. Режим доступа: http://financeplan.by.ru/intro.html. Загл. с экрана.

2. Ревуцкий, Л. Д. Потенциал и стоимость предприятия / Л. Д. Ревуцкий. 2-е изд., доп. М. : Финансы и статистика, 2002.

3. Старовойтов, М. К. Практический инструментарий организации управления промышленным предприятием [Электронный ресурс] / М. К. Старовойтов, П. А. Фомин // [Материалы представлены ЗАО «КИС»]. Электрон. дан. Сор. 1997–2009. Режим доступа: http://www.smartcat.ru/Referat/jtieiramwq.shtml. Загл. с экрана.

4. Посошкова, Е. П. Производственный потенциал и его взаимосвязь с другими потенциалами [Электронный ресурс] / Е. П. Посошкова // Alldocs. Электрон. дан. Сор. 2006–2009. Режим доступа : http://www.alldocs.ru/download/index.php?id=5046. Загл. с экрана.

5. Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. М. : Финансы и статистика, 2001.

6. Бердникова, Т. Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия : учеб. пособие / Т. Б. Бердникова. М. : Инфра, 2002.

7. Нгуен Т. Т. Ханг, Производственный потенциал полиграфических предприятий и эффективность его ис-

пользования в условиях рынка [Электронный ресурс] / Нгуен Т. Т. Ханг // Nauka-shop. Электрон. дан. Дата создания: 01.09.2008. Режим доступа: http://www.nauka-shop.com/mod/shop/productID/11141/. Загл. с экрана.

8. Тихонов, В. С. Стратегия развития производственной мощности на машиностроительных предприятиях : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 [Электронный ресурс] / Тихонов Владимир Сергеевич // Самар. гос. экон. ун-т. Электрон. дан. 2007. Режим доступа: http://www.sseu.ru/. Загл. с экрана.

9. Скляренко, В. К. Экономика предприятия : учебник / В. К. Скляренко, В. М. Прудников. М. : Инфра-М, 2007.

10. Курцев, А. М. Производственная мощность и производственная программа предприятия [Электронный ресурс] / А. М. Курцев // Донецк. нац. техн. ун-т. Электрон. дан. 2004. Режим доступа : http://www.masters.donntu.edu.ua/2004/fem/kurtsev/diss/. Загл. с экрана.

11. Калянов, А. В. Формирование системы управления резервами повышения эффективности использования производственных мощностей промышленных предприятий : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 [Электронный ресурс] // Планета диссертаций. Электрон. дан. 2005. Режим доступа : http://planetadisser.com/see/dis_113355.html. Загл. с экрана.

M. A. Ragozina

CONCEPTS OF INDUSTRIAL POTENTIAL AND CAPACITY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF MARKET ECONOMY

The importance of definitions of capacity and industrial potential, their economic essence and the differentce between them are shown. The author's definitions are formulated.

Keywords: industrial potential, capacity, prominent features, economic essence, subject differentiation.

УДК 658.785

Н. Е. Гильц

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассматриваются методические подходы к осуществлению мониторинга производственно-сбытовой деятельности промышленного предприятия. Определяются входные данные и предлагается алгоритм процесса мониторинга производственно-сбытовой деятельности.

Ключевые слова: мониторинг, производственно-сбытовая деятельность, управленческие решения.

Успешное функционирование предприятий, а также движение их товарных потоков в новых экономических условиях предполагает реструктурирование всех сфер деятельности хозяйствующих субъектов, но главным образом это касается производственно-сбытовой деятельности предприятия. Работа с продуктом и производственной программой является одним из главных направлений реализации товарной политики предприятия. При наличии жесткой конкуренции основная задача системы управления производством и сбытом – обеспечение завоевания и сохранения организацией предпочтительной доли рынка. Неумение управлять производством и сбытом в современных условиях хозяйствования рождает следующую цепочку проблем: переполненные склады, неплатежи, отсутствие оборотных средств на закупку сырья, частичная и даже полная остановка производства.

Одной из важнейших задач, стоящих перед мониторингом, является разработка вариантов управленческих решений. Автором в ходе выполнения работы было установлено, что наибольшую трудность при организации системы мониторинга на промышленных предприятиях вызывает отсутствие контроля за производственно-сбытовой деятельностью.

Для полноценного анализа методических подходов к осуществлению мониторинга производственно-сбытовой деятельности и исследования возможности их применения для машиностроительных предприятий были изучены работы М. В. Акулича, В. В. Бурцева, В. П. Вороненко, А. В. Грязева, Н. Л. Зайцева, Д. Иванова, В. И. Сергеева, В. С. Лукинского, В. М. Пурлика и др.

Анализ методических подходов в работах указанных авторов показал, что мониторинг является одной из важнейших функций управления промышленным предприятием. Это отмечается почти во всех изученных методиках. Анализ также показал, что универсальной методики мониторинга не существует, использование определенных методов зависит от поставленной цели, решаемых задач, характера поступающей информации и т. п. При осуществлении мониторинга могут одновременно применяться различные методы, но при этом возникает про-

блема их совместимости, так как они не всегда могут сочетаться друг с другом. Кроме того, затраты на использование тех или иных методов различны, а целесообразность может изменяться в зависимости от времени и поставленных задач. Применяемые авторами методические подходы имеют разную степень формализации: одни доведены до уровня экономико-математических моделей и имеют программное обеспечение для ЭВМ, другие имеют слабое описание как самого метода, так и алгоритма его применения.

В процессе выполнения работы было также выявлено, что содержание мониторинга, его цели и задачи определяют состав и перечень показателей, которые должны носить комплексный характер и быть тесно связаны с системой контроля на предприятии.

Для того, чтобы процесс производства и реализации продукции промышленного предприятия осуществлялся непрерывно, необходимо скоординировать все его стадии во времени и в пространстве. Это достигается с помощью системы показателей, характеризующих все процессы производства и реализации [1]. Набор показателей не является неизменным. Для каждого конкретного предприятия он может быть разным. В значительной степени это зависит от состава, количества и качества информации, которая необходима для эффективного управления.

Рассмотрим более подробно методические подходы к мониторингу производственно-сбытовой деятельности, освещенные в работах А. Р. Радионова, В. И. Сергеева, В. В. Бурцева, А. В. Шера и В. М. Пурлика.

Рассматривая методические вопросы мониторинга производственно-сбытовой деятельности промышленного предприятия, А. Р. Радионов [2] указывает, что при осуществлении мониторинга производственно-сбытовой деятельности предприятия в первую очередь должен учитываться фактор регулярности. Для каждой рассматриваемой марки готовой продукции следует использовать следующие основные показатели реализации продукции:

– объем суточной отгрузки;

– интервал отгрузки;

– объем суточного производства;

– интервал между рабочими днями;

– среднее значение каждого из перечисленных факторов;

– неравномерность суточных объемов производства и отгрузок по интервалам и объемам.

Готовая продукция предприятия может реализовываться регулярно и периодически. В связи с этим на предприятии с регулярными и периодическими отгрузками условия производственно-сбытовой деятельности организованы двумя совершенно различными способами и соответственно требуют использования разных групп отслеживаемых показателей. Под регулярными в данном случае понимаются отгрузки, которые осуществляются в течение всего года (в общем случае – через разные интервалы времени), а периодические отгрузки осуществляются в ограниченные периоды года (например, только в навигационный период). Кроме того, при регулярных отгрузках необходимо дополнительно учесть такой фактор, как тип производства – индивидуальный (или мелкосерийный) или массовый (крупносерийный, среднесерийный).

Для готовой продукции массового (крупносерийного, среднесерийного) производства отслеживаемые показатели целесообразно разделить на две группы: первая группа связана с комплексом подготовительных и других операций; вторая группа учитывает равномерные (осуществляемые каждый день) и неравномерные (дискретные) процессы поступления и отгрузки продукции.

Характер изменения показателей, входящих в вышеуказанные группы, должен быть обязательно учтен при анализе мониторинга производственно-сбытовой деятельности.

Деление вышеуказанных показателей на две группы обусловлено применением разных методов их расчета. Для первой группы показателей исходная информация, которая нужна для мониторинга сбыта готовой продукции, является детерминированной. Есть нормы времени, необходимые для выполнения конкретных подготовительных операций по упаковке, маркировке, погрузке и т. д., которые можно определить на основе технических условий, технологических регламентов и т. п.

Вторая группа показателей отражает стохастический характер мониторинга готовой продукции. Учесть влияние этих показателей на производственно-сбытовую деятельность можно только с помощью применения методов теории вероятностей и математической статистики.

В работе В. И. Сергеева [3, с. 264–266] особое внимание при проведении мониторинга сбытовой деятельности уделяется осуществлению потребительского сервиса. В своей методике автор выделяет семь основных этапов. Методы и процедуры проведения мониторинга зависят от выбранных логистических концепций и стратегии управления качеством логистического сервиса с позиции потребителей.

Организация и проведение мониторинга сбытовой деятельности предполагает, что высшее руководство предприятия определяет соответствующие процедуры мониторинга в зависимости от выбранной логистической стратегии (первый и второй этапы). В реализации логистической стратегии участвует весь персонал предприятия. На этих этапах на предприятии устанавливаются приоритеты качества сервиса.

На следующем (третьем) этапе определяются и обосновываются требования, которые предъявляют потребители к конкретным логистическим функциям. На данном этапе требуется постоянное осуществление мониторинга и регистрация изменения требований. Здесь используются такие методы, как анкетирование, структурированные интервью, фокусные группы и т. п. Кроме непрерывного изучения потребительских запросов, необходим мониторинг изменяющихся рыночных приоритетов.

С идентификацией требований и нужд потребителей тесно связан этап осуществления текущего мониторинга (четвертый этап) в области управления качеством логистического сервиса. Для этого необходим набор параметров, позволяющих измерять качество сервиса и отклонения его от заданного уровня. Инструментами мониторинга обычно являются экспертный анализ, анкетирование, опросы потребителей и т. п. В таких ключевых логистических функциях, как транспортировка, управление

запасами, складирование, упаковка, информационная поддержка, должны быть установлены определенные уровни качества (стандарты предприятия). Стратегия управления качеством (пятый этап) является подчиненной по отношению к логистической и маркетинговой стратегиям и должна фокусироваться на понимании нужд потребителей; непрерывном улучшении качества обслуживания, измерении уровня достигнутого качества сервиса и непрерывном мониторинге, инициативах в обучении и переподготовке работников, организационных преобразованиях.

Следующем шагом (шестой этап) является выполнение принятой стратегии качества. Сложность процесса внедрения стратегии заключается в многообразии аспектов качества сервиса, связанном со множеством логистических операций и функций, осуществляемых персоналом как непосредственно центрального предприятия логистической системы, так и логистических посредников. Задача осуществления мониторинга заключается в выработке единой идеологии и обеспечении понимания позиции фирмы всеми категориями работников. В конечном счете (седьмой этап) формируется философия TQM в изготовлении и продвижении продукции и логистического сервиса до конечного потребителя [1].

Следующую методику мониторинга предлагает В. В. Бурцев [4, с. 54–86]. Она состоит из трех стадий, включающих в себя последовательно выполняемые этапы.

Автор в предлагаемой методике выделяет основные стадии и этапы процесса реализации готовой продукции. В каждом этапе выделен объект мониторинга и критерии эффективности работы системы, однако данная система не учитывает особых (нестандартных) ситуаций в процессе сбыта, например таких, как возврат недоброкачественной продукции и получение претензий покупателей.

1. Первая стадия – преддоговорная работа.

2. Вторая стадия – подготовка и заключение договора поставки – состоит из двух этапов:

– первый этап – подготовка договора поставки;

– второй этап – заключение договора поставки.

3. Третья, заключительная стадия – исполнение договора поставки – состоит из четырех этапов:

– первый этап – подготовка к поставке продукции;.

– второй этап – доставка и отгрузка продукции покупателю;

– третий этап – учет и фактурирование поставки;

– четвертый этап – проверка.

Проанализировав методику В. В. Бурцева, отметим, что мониторинг процедур сбыта готовой продукции является важной частью системы внутреннего контроля предприятия, осуществляемого менеджерами, внутренними аудиторами, ревизионной комиссией и бухгалтерией. Предложенная автором методика мониторинга системы сбыта готовой продукции должна обеспечивать как снижение возможности злоупотреблений должностных лиц и сохранение имущества организации, так и совершенствование, упрощение и снижение трудоемкости контрольной работы в сфере сбыта готовой продукции.

Для анализа производственно-сбытовой деятельности также очень часто применяется фундаментальный подход, более известный как «модель Шеера» [5]. А. В. Шеер в 1984 г. описал бизнес-процесс с помощью диаграмм цепочки процессов. До настоящего времени этот подход остается одним из самых распространенных. Рассмотрим исходную модель логистического процесса на предприятии. Схема бизнес-процесса реализуется через поток функций. При этом функциональные потоки (или поток) функций представляют собой последовательность выполнения функций, которые образуют выход. Например, для промышленного предприятия вводом будет служить «подача заказа», конечным выходом – «поставка товаров клиенту». Цель бизнес-процесса – создание выхода, что означает выполнение заказа. Одна из важнейших характеристик выхода – спрос. Необходимой предпосылкой для этого является поступление заявки и оформленная договоренность о цене изделия. Отношения «поставщик – потребитель» распространяются на внешние и внутренние хозяйственные отношения на предприятии. Для повышения прозрачности выхода необходимо создание механизма его детального описания и формирования стоимости, включая нормирование использованных ресурсов. Все данные, относящиеся к заказчику, должны фиксироваться в документации на заказ.

В этой модели методология управления процессами содержит шесть шагов:

– определение владельца процесса;

– описание границ и интерфейсов процесса;

– описание самого процесса с помощью программного инструментария;

– установка точек контроля за процессами;

– измерение показателей процесса в точках контроля;

– анализ полученной информации и выработка предложений по совершенствованию [4, с. 106].

Функциональные потоки на предприятии дополняются управляющими элементами в виде событий и сообщений.

Создание производственных объединений обусловливает преобразование части внешнего материального потока во внутрипроизводственный. Внутрипроизводственный материальный поток начинает циркулировать после завершения информационного потока, обусловливающего движение материалов.

Модель показывает, что начальным этапом информационного потока является формирование плана поставок готовой продукции. На его основе составляются планы производства, определяющие планы материально-технического снабжения. Информационный поток завершает контроль поступления материальных ценностей на предприятие. Этот этап является преддверием входной фазы внепроизводственного материального потока.

Первой фазой внутрипроизводственного материального потока является разгрузка материалов. Далее продукция движется по схеме: материальные склады–цехи–склады полуфабрикатов–цехи–склад готовой продукции–транспортные средства для отправки потребителям. Следовательно, сбытовая функция, формируя план поставки, начинает поток информации по управлению движением продукции и завершает материальный поток в виде отгрузки готовых изделий.

В надлежащей организации движения материального потока со склада в цехи к основному производству в пер-

вую очередь заинтересована служба управления производством. В рамках этой службы осуществляется оперативно-календарное планирование и мониторинг логистических процессов. Они объединены общей целью – координацией работы всех участников производственного процесса и его обеспечения. Подцель оперативно-календарного планирования – обеспечение пропорциональности выпуска готовой продукции основными цехами, а мониторинга – предупреждение отклонений в выполнении цехами производственных заданий, организация подачи цехам и филиалам материалов, инструмента, оснастки, заготовок, деталей.

На первой стадии процесса производства разрабатываются графики производства, доставки материалов и полуфабрикатов с общезаводских складов, которые создают плановую основу для внутризаводского и внутрифирменного материального потока. В соответствии с планами, транспортные подразделения разрабатывают графики движения грузов.

На второй стадии осуществляется оперативная координация всех звеньев, участвующих во внутрипроизводственной поставке и перемещении грузов. Объектом воздействия этой функции являются подлежащие поставке и находящиеся в движении материалы и полуфабрикаты, готовая продукция, рабочие, механизмы, обеспечивающие движение.

Стадия мониторинга объединяет всех участников материального потока – работников складов материалов, полуфабрикатов, производственных, транспортных цехов и складов готовой продукции и, в конечном счете, внешний входной поток материалов – с внешним выходным потоком готовой продукции. Поэтому вполне актуальным остается вывод о том, что хотя производственный процесс является доминирующим относительно других функций, обеспечивающих производство продукции, логистический процесс на предприятии предполагает его сквозной мониторинг [5].

Направления мониторинга производственно-хозяйственной деятельности предприятия можно представить схемой, связывающей функции, задачи деятельности по стадиям производства, состав основной информации, используемой на отдельных стадиях деятельности, участников логистического процесса.

При организации мониторинга производственно-сбытовой деятельности должно быть учтено следующее:

– особенности функционирования промышленного предприятия (специфика отрасли, региональные условия развития, инфраструктурные составляющие и другое);

– возможность параллельности и обязательность последовательности мониторинга отдельных событий производственно-сбытовой деятельности предприятия;

– характер имеющейся информации по установленным этапам мониторинга;

– возможность проведения своевременного анализа и корректировки производственно-сбытовой деятельности по результатам их мониторинга.

При проведении мониторинга производственно-сбытовой деятельности входными данными будут следующие данные.

1. Для производственной деятельности:

– техническое задание, технология производства продукции;

– потребность в ресурсах и их стоимость;

– информация о выполняемых операциях и их стоимость.

2. Для сбытовой деятельности:

– отслеживание существующей потребности в данном виде продукции;

– выявление потенциальных потребителей;

– рекламные мероприятия.

Вышеперечисленные данные формируются на основе технического задания по производству продукции и маркетинговых исследований, проводимых предприятием.

В результате этих мероприятий формируется комплекс входных данных, необходимых для разработки алгоритма процесса мониторинга производственно-сбытовой деятельности.

Особое внимание при формировании информационной базы мониторинга (первый этап) производства продукции обращается на соответствие системы показателей производственному процессу изготовления готовой продукции, количеству и порядку изготовления составных частей будущего изделия и всех необходимых ресурсов на каждом этапе производства.

Следует также отметить, что данная информационная база должна быть универсальной, т. е. подходить для каждой модели готового изделия.

Наиболее важную роль играют те производственные операции (второй этап), изменение которых существенным образом отражается на себестоимости готового изделия.

При осуществлении мониторинга операций производственного процесса (третий этап) необходимо контролировать и выявлять недопустимые отклонения фактических показателей от плановых и производить их оценку. В каждом случае отклонение подвергается анализу. Если отклонения имеются, то необходимо выяснить причины их появления (четвертый этап), если отклонений нет, то можно сразу перейти к седьмому этапу производства и сбыта продукции.

На пятом этапе осуществляется мониторинг информационной структуры операций производства продукции. Производственные операции сканируются по всем направлениям с целью выявления операций, по которым фактические значения показателей превышают установленную допустимую границу, а также выясняются причины полученных отклонений.

На шестом этапе происходит подготовка управленческих решений по устранению выявленных отклонений. Комплекс корректирующих мероприятий зависит от причин, по которым возникли какие-либо отклонения. Далее следует перейти непосредственно к производству и сбыту готовой продукции (седьмой этап).

Перед тем как осуществить сбыт готовой продукции, нужно произвести ряд маркетинговых исследований. В частности, необходимо определить существующую потребность на готовое изделие, выявить потенциальных потребителей продукции и провести ряд рекламных мероприятий (разместить информацию о продукции на телевидении и радио, в средствах массовой информации).

Далее следует оформление договора на поставку готовой продукции потребителю с учетом особых требований потребителя (восьмой этап). Предприятие анализирует особые требования, относящиеся к продукции, условия поставки, и выполняет в соответствии с поступившими заявками общее описание требований к продукции, разрабатывая при этом нетиповой вариант договора поставки. В случае, если особых требований не предъявляется, составляется типовой договор на поставку продукции (объем продаж, сроки оплаты, наличный или безналичный расчет и т. д.) и направляется потребителю для подписания.

Потребитель подписывает договор поставки и производит оплату покупаемой продукции (десятый этап). После поступления средств на счет предприятия происходит отгрузка готовой продукции потребителю (одиннадцатый этап). В случае выявления жалоб или претензий заказчиков по отгрузке продукции анализируются и выявляются причины возникновения претензий и организуется разработка соответствующих корректирующих мероприятий. Завершающим этапом является осуществление мониторинга отчетной документации. При этом систематизируются заявки покупателей, по которым формируются планы об объемах выпуска продукции, а также анализируется удовлетворенность потребителей посредствам отзывов покупателей.

Содержание этапов может меняться в зависимости от конкретных условий производства и сбыта. На протяжении всей своей деятельности предприятие должно постоянно контролировать отдельные положения принятой сбытовой политики, это поможет ему адаптироваться к быстро меняющимся условиям на рынке. Мониторинг производственно-сбытовой деятельности позволит лучше контролировать эффективность отдельных элементов сбытовой и производственной политики и вносить в нее необходимые поправки, контролировать соответствие товарного ассортимента потребительскому спросу, а также принимать решения по упразднению нерентабельных видов изделий, их модификации или разработке новых.

Библиографический список

1. Сергеев, В. И. Логистические системы мониторинга цепей поставок: учеб. пособие / В. И. Сергеев, И. В. Сергеев. М. : Инфра-М, 2003.

2. Радионов, А. Р. Логистика: нормирование сбытовых запасов и оборотных средств предприятия : учеб. пособие / А. Р. Радионов, Р. А. Радионов. М. : Дело, 2002.

3. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под ред. В. И. Сергеева. М. : Инфра-М, 2004.

4. Методические основы мониторинга системы сбыта готовой продукции / В. В. Бурцев // Маркетинг в России и за рубежом. 2002. № 4. С. 54–68.

5. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы) : учебник для трансп. вузов / под ред. Л. Б. Миротина. М. : Экзамен, 2003.

N. E. Gilts

METHODICAL APPROACHES FOR MONITORING INDUSTRIAL AND MARKETING ACTIVITY OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Methodical approaches for monitoring realization of industrial and marketing activity of the industrial enterprise are considered. The entrance data are defined and the process algorithm of monitoring industrial and marketing activity is offered.

Keywords: monitoring, industrial and marketing activity, administrative decisions.

УДК 338.984

Г. С. Михалев, В. А. Скворцова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ

Рассматривается процесс адаптивного управления на промышленном предприятии. Определяются составляющие организационно-экономического механизма адаптации в системе управления промышленного предприятия и его ролевые функции в процессах управления. Предлагаются общие подходы, правила и процедуры, инструменты совершенствования системы управления на основе механизмов адаптации.

Ключевые слова: система управления, адаптивное управление, механизмы адаптации, организационно-экономический механизм, сбалансированная система показателей.

В начале XXI в. крупные российские промышленные предприятия всё чаще сталкиваются с собственным неэффективным управлением и снижением конкурентоспособности их продукции из-за низкой адаптивной способности ее производства к быстро меняющимся факторам внешней среды при переходе экономики России к рыночным отношениям. Одним из эффективных вариантов решения указанной проблемы является совершенствование системы управления промышленного предприятия на основе механизмов адаптации с учётом требований рынка и собственного внутреннего потенциала.

Адаптивное управление, т. е. управление, основанное на механизмах адаптации, – новое направление в российской теории и практике менеджмента, не имеющее пока всей полноты научной основы (при всей своей значимости для развития отечественного бизнеса и экономики в целом). Причина неудач многих российских промышленных предприятий в области совершенствования системы управления и разработки механизмов адаптации заключается в отсутствии методологии адаптивного управления. Интеграция России в рыночную экономику позволит использовать подходы, выработанные основными научными течениями в области экономики и менеджмента, которые потребуется обобщить.

Таким образом, необходим анализ взглядов зарубежных и отечественных исследователей в области современной экономики и менеджмента по проблемам совершенствования системы управления промышленного предприятия на основе механизмов адаптации. Но одного сигнала недостаточено для выработки оптимального варианта организационного поведения в нестабильной внешней среде. Требуется также научная разработка методической основы адаптивного управления, адекватная ситуации, сложившейся в экономике России.

Целью данного исследования является разработка методических основ и практических рекомендаций по совершенствованию системы управления промышленного предприятия на основе механизмов адаптации. Таким образом, объектом исследования является система управления промышленного предприятия, предметом исследования – механизмы адаптации в системе управления промышленного предприятия.

Методология адаптивного управления промышленных предприятий еще формируется, поэтому построение понятийного аппарата только начато. Многие понятия целесообразно заимствовать из других дисциплин и отраслей знания. Методология адаптивного управления промышленных предприятий направлена на своевременный учет проблем и использование знаний и опыта, которые возникают вследствие развития экономики, менеджмента, социологии, экологии, информатики, технологий, экономической политики и др.

Адаптацию в широком смысле понимают как приспособление самоорганизующейся системы к изменяющимся условиям среды. Адаптация в управленческой науке – это накопление и использование информации для достижения оптимального в некотором смысле состояния или поведения системы (в нашем случае – промышленного предприятия) при начальной неопределенности в изменяющихся внешних условиях [1]. Адаптивной считают систему, которая может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий.

Адаптивное управление в целом можно рассматривать как процесс принятия управленческого решения и последующей реализации целенаправленного управляющего воздействия, обеспечивающего адекватное реагирование всех структур предприятия на изменение параметров его внешней и внутренней сред.

Система адаптивного управления представляет собой упорядоченную совокупность взаимодействующих подсистем, обеспечивающих согласование и оптимальное регулирование параметров хозяйственной деятельности промышленного предприятия. Она является залогом успешного преодоления разрывов между стратегическими целями и результатами текущей деятельности предприятия, т. е. перевода предприятия из существующего состояния в желаемое состояние равновесия в окружающей среде в определённый период времени.

Механизм адаптации – это организационно-экономическая форма осуществления адаптивного управления на предприятии и способствование его проведению, поиск инновационных решений, а также рычаг стимулирования и регулирования этой деятельности.

Организационно-экономический механизм в системе адаптивного управления (рис. 1) включает в себя подсистемы внешней среды, а именно подсистемы мониторинга, прогнозирования состояния, взаимодействия предприятия и внешней среды, и также подсистемы внутренней среды предприятия: подсистемы мониторинга (измерения состояний), анализа, прогнозирования и моделирования состояний предприятия, планирования и координации работ, развития персонала, мотивации и оплаты

труда, а также подсистемы информационного, правового и финансового обеспечения, развития системы управления предприятия.

Без предварительной разработки и внедрения организационной структуры адаптивного управления и организации процессов адаптивного управления как типовых невозможно планирование и эффективная реализация исследований и мероприятий, направленных на совершенствование деятельности промышленного предприятия. Функцию методологического обеспечения управленческой деятельности нельзя переложить на плечи одного из существующих подразделений. Разрабатывать соответствующие программы, методики и инструментарий анализа и синтеза адаптивного управления промышленного предприятия должна специальная управленческая служба – служба адаптивного управления, которая находится в тесном взаимодействии с существующей системой управления предприятием. Она должна работать в режиме подготовки и выполнения управленческих решений, создавать информационную основу инновационных решений, влияя на уровень использования и развития предпринимательского потенциала предприятия. Структурное положение, роль и статус такой службы, ответственность, степень независимости разработчиков, участие в реализации проектов зависит от её целей и задач и от того, кто эти цели и задачи определяет. Необходимо отметить, что создание такого специального управленческого подразделения под силу только средним и крупным промышленным предприятиям.

Можно выделить следующие направления деятельности разработчиков системы адаптивного управления промышленного предприятия:

– совершенствование формальной организации (организационное проектирование и реинжиниринг);

– оптимизация системы самоорганизации персонала, стимулирования и мотивации работников, формирование и изменение состава коллектива;

– опережающее развитие организационной культуры, адекватной намеченным преобразованиям.

Необходимо тесное взаимодействие службы адаптивного управления с руководством и функциональными подразделениями предприятия, прежде всего экономической, технической и кадровой службами.

Важной частью системы адаптивного управления являются правила, процедуры рассмотрения предложений

Рис. 1.

и процессы, регламенты, технологии их реализации. Поскольку совершенствование функционирования промышленного предприятия направлено на устранение недостатков, то эта работа задевает чьи-то интересы. Поэтому всегда существует явное или скрытое, сильное или слабое противодействие работе, направленной на выявление недостатков, поиску причин проблем, созданных людьми. Следовательно, в системе управления промышленного предприятия должны быть созданы формальные правила и процедуры, позволяющие работнику любого уровня инициативным порядком заявить о выявленных недостатках и проблемах деятельности предприятия, а также предложениях по их устранению, а именно:

– процедура ежегодной разработки и ежеквартального уточнения списков проблем и мест их проявления, которые необходимо устранить подразделениям и службам, а также программы работ подразделений по совершенствованию функционирования предприятия и заданий творческим группам;

– процедура обязательной регистрации заявлений и предложений работников предприятия, которая предусматривает возможность передачи заявлений и предложений, составленных в письменной форме, службе адаптивного управления, которая организует дальнейшее их рассмотрение;

– правила определения уровня проблемы, которое производится службой адаптивного управления по формальным признакам;

– правила рассмотрения заявлений и предложений несколькими независимыми специалистами-экспертами, которые должны в письменной форме составить на них отзыв (рецензию);

– процедура обеспечения права автора предложения публично защищать своё предложение, а также участвовать в разработке проекта решения проблемы и выборе лучшего варианта решения проблемы;

– процедура обеспечения права автора предложения или участника разработки оценить собственное долевое участие и размер вознаграждения;

– процедура распределения вознаграждения, дающая возможность автору предложения или участнику разработки участвовать в распределении долей;

– правила и процедуры, позволяющие работнику обратиться за помощью и консультацией в службу адаптивного управления, зная, что служба обязана оказать ему помощь и труд консультанта будет оплачен предприятием;

– предоставление участникам процесса адаптивного управления предприятия возможности обучения и повышения квалификации;

– предоставление участнику процесса адаптивного управления и совершенствования промышленного предприятия возможности обжаловать решение, которое он считает несправедливым, и процедура регистрации и рассмотрения жалобы;

– обеспечение благоприятного климата в коллективе и формирование дружественной корпоративной культуры для преодоления психологических барьеров и беспокойств по поводу нововведений, отсутствия веры в собственные силы и способности, неудачи с выдвинутым предложением.

Современное промышленное предприятие должно иметь три активные составляющие в системе управления:

1) целенаправленное, плановое, организованное развитие предприятия;

2) механизм анализа состояния и перспектив развития;

3) адаптивный механизм приспособления к изменениям внутренней и внешней среды, как совокупность регуляторных и компенсаторных механизмов.

Данные положения выражаются в наличии системы стратегических целей развития предприятия во внешней среде; систематическом анализе состояния и перспектив развития предприятия на основе исследования адаптивных свойств системы управления; моделировании состояния предприятия в окружающей среде на основе критериев развития.

Организация процессов адаптивного управления и работ на предприятии предусматривает следующие действия:

– установление целей и задач, выявление состава и видов работ, необходимых для адаптивного управления и совершенствования функционирования промышленного предприятия в среде воздействия;

– выбор показателей и критериев достижения стратегических целей предприятия;

– распределение обязанностей и установление ответственности;

– планирование работ;

– определение методов проведения работ и обработки результатов;

– контроль и оценку качества выполнения работ;

– управление информацией и знаниями;

– стимулирование эффективности и качества работ.

Рекомендуются следующие общие подходы, правила и процедуры [2] при разработке организационно-экономического механизма адаптации и совершенствовании системы управления промышленного предприятия на его основе.

1. Мотивация, стимулирование и оплата труда специалистов, участвующих в процессах адаптивного управления и совершенствования предприятия. Оплата творческого труда и предприимчивости персонала, привлеченного к адаптивному управлению и совершенствованию деятельности промышленного предприятия, действующего в рамках стратегических целей, должна укладываться в финансовые возможности предприятия. Поэтому целесообразно установить две формы нормативов оплаты труда и предприимчивости персонала:

а) фиксированную оплату за предложения и проекты, внедрение которых не предусмотрено или прибыль от внедрения которых мала;

б) систему дифференцированных коэффициентов, определяющих оплату как долю получаемой дополнительной прибыли.

2. Формирование информационной подсистемы адаптивного управления. Ее необходимость обусловлена следующими причинами:

– адаптивное управление использует не только принятый, привычный набор показателей и методов, но и собственные показатели, модели и методы, которые позволяют отслеживать, оценивать состояние предприятия

и заранее предупреждать руководство о приближении проблемных или кризисных ситуаций;

– адаптивное управление создаёт собственные базы данных и знания, которые не используются другими службами;

– адаптивное управление разрабатывает и использует собственные специфические информационные технологии;

– опыт по разработке технологии адаптивного управления необходим для повышения конкурентоспособности предприятия и продукции и используется для создания ноу-хау.

3. Обеспечение безопасности предприятия, службы адаптивного управления и разработчика. В целях обеспечения безопасности в работе должна устанавливаться персональная ответственность за сохранение конфиденциальной информации, действия и предложения, соблюдение режимов, правил и других мер безопасности;

– контроль полномочий при доступе и использовании информации;

– взаимодействие, взаимопомощь и коллективная ответственность при выполнении коллективных разработок и использовании групповых методов работы.

4. Формирование этических норм. Этические нормы являются важным, но специфическим элементом организационно-экономического механизма адаптивного управления на промышленном предприятии. Они должны стать обязательной частью организационной культуры. Целесообразно создание кодекса профессионального поведения разработчика технологии адаптивного управления промышленного предприятия.

5. Все остальные элементы организационно-экономического механизма должны закрепляться правовыми документами: приказами руководителя предприятия, положением о службе адаптивного управления, должностными инструкциями, регламентом использования информации, положением о вознаграждении работников, участвующих в адаптивном управлении и другими внутренними правовыми документами.

Обобщенно можно представить ролевые функции организационно-экономического механизма адаптации в процессах управления промышленным предприятием в виде схемы (рис. 2).

Очевидно, что постановка целей управления является отправной точкой в процессе адаптивного управления

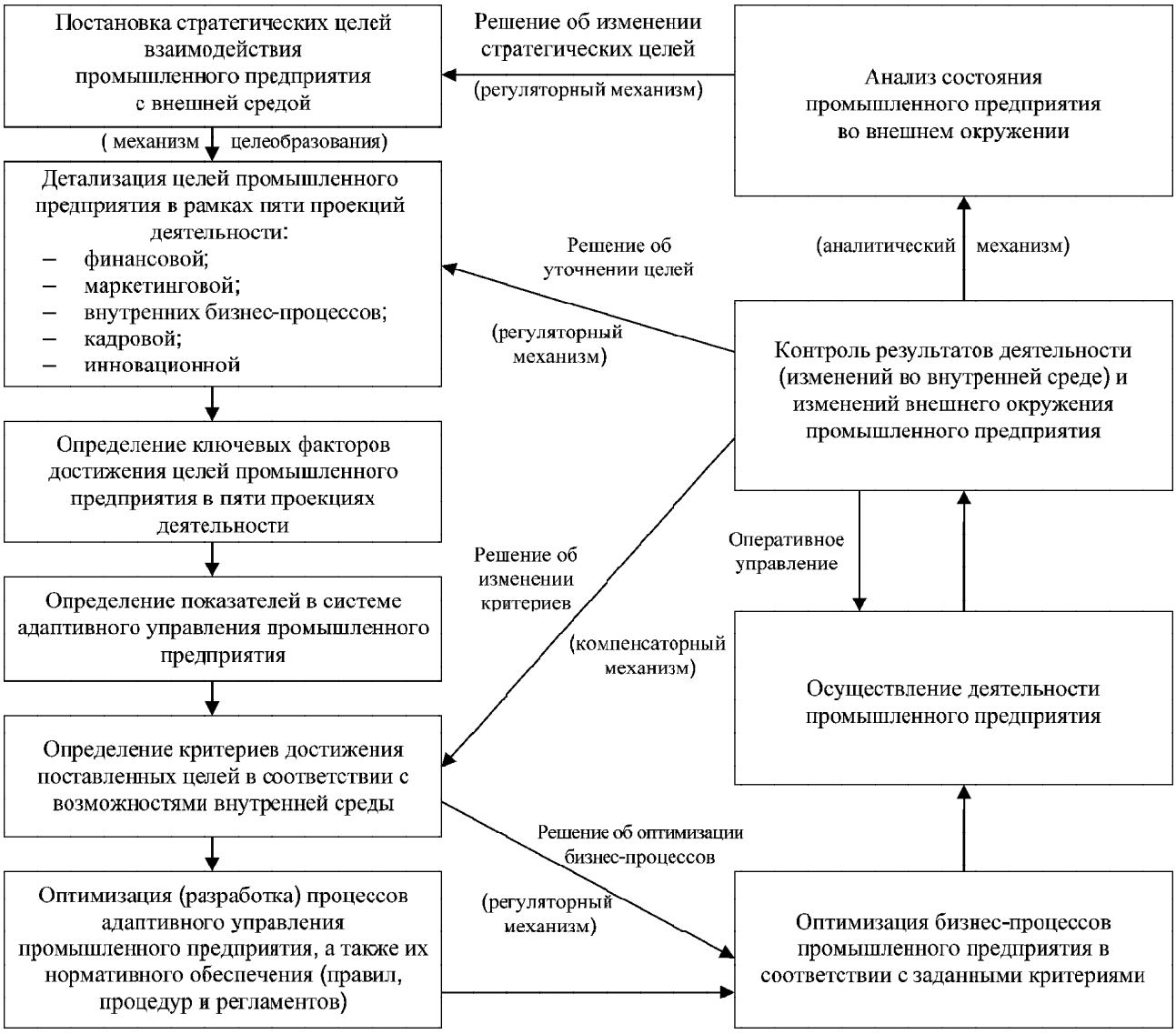


Рис. 2.

предприятием. Определение стратегических целей происходит непрерывно на основе анализа состояния предприятия относительно внешнего окружения. Совокупность регуляторных и компенсаторных механизмов позволяет оптимизировать деятельность промышленного предприятия в процессе управления в реальном масштабе времени. Таким образом, становится очевидной важность разработки механизмов адаптации в системе управления промышленного предприятия.

Адаптивное управление объединяет показатели, процессы, программное обеспечение и системы управления деятельностью промышленного предприятия. Его цель – ликвидация (минимизация) отклонений показателей деятельности предприятия от заданных критериев развития, т. е. сбалансирование деятельности предприятия и перевод в равновесное состояние. Эта концепция должна охватывать все уровни и процессы управления, заставляя работать все элементы системы управления на реализацию стратегии предприятия.

Для того чтобы количественно оценить результативность деятельности промышленного предприятия в системе адаптивного управления, целесообразно использовать ключевые показатели эффективности в пяти проекциях деятельности. На практике эти показатели возможно анализировать и контролировать (аналитический механизм), используя стратегические карты и сбалансированную систему показателей (BSC).

BSC позволяет передавать подчинённым стратегию, разработанную высшим руководством, контролировать направление движения, соответствие действий персонала объявленной стратегии предприятия. Она призвана решить чрезвычайно острую проблему – преодолеть разрыв между исходными данными, получаемыми из бизнес-среды, и стратегией предприятия (рис. 3).

Иными словами, работники промышленного предприятия и менеджеры должны иметь инструменты, с помощью которых они смогут выполнять свою работу в соответствии со стратегией. Ориентирование на стратегию обеспечивает возможность обратной связи, предоставляющей информацию о выполнении стратегических задач конкретными командами сотрудников. Такая обратная связь способствует непрерывному процессу реализации стратегии и адаптации системы управления предприятия к изменениям внутренней и внешней среды. При заданных целевых параметрах и определении фактических результатов выявляются отклонения и с их учётом корректируется текущая деятельность предприятия и (или) критерии достижения целей (регуляторный механизм).

Таким образом, адаптивное управление объединяет весь управленческий цикл, начиная от планирования и заканчивая контролем. Целесообразно представить систему адаптивного управления промышленного предприятия в виде всеохватывающего и взаимосвязанного набора решений, объединяющего три основные функции: а) сбор данных; б) обработку данных и моделирование управленческих воздействий; в) предоставление полученной информации её пользователям. Внедрение механизмов адаптации в систему управления повышает предсказуемость результатов деятельности предприятия, проясняет связи между стратегическими, операционными и финансовыми целями, делает их понятными для сотрудников. Зная цели и их относительную важность для реализации стратегии предприятия, менеджеры и команды сотрудников могут выбирать соответствующие управленческие инструменты, которые позволяют объективно оценить возможные компромиссные решения (компенсаторный механизм). При постоянной необходимости решения различных проблем определяются критерии принятия компромиссных решений.

Сбалансированную систему показателей в сочетании с построением стратегических карт можно рассматривать как инструмент внедрения регуляторных и компенсаторных механизмов адаптации, который позволяет расширить возможности измерения целей промышленного предприятия, оценки фактических результатов и контро-

Рис. 3

ля отклонений от заданных критериев развития предприятия в окружающей среде на уровне стратегического и операционного управления.

Привычный способ оценки деятельности промышленного предприятия, основанный только на анализе динамики финансовых показателей, в условиях жёсткой конкуренции не позволяет быстро реагировать на изменяющуюся рыночную ситуацию. Использование стратегической карты и сбалансированной системы показателей в качестве инструментов адаптивного управления позволяет оценить промышленное предприятие с точки зрения его основных характеристик: полезности, конкурентоспособности, состоятельности, устойчивости, эффективности, способности к развитию и адаптации. Очевидным преимуществом BSC также является усиление адаптивных свойств системы управления предприятия за счет органического согласования интересов разных групп (механизма целеобразования) – акционеров, потребителей, партнеров, кредиторов и т. д.

Многообразие и сложность промышленных предприятий, а также разнообразие ситуаций не позволяет предложить общую для всех случаев схему процесса адаптивного управления. И всё же можно отметить, что часто под процессом адаптивного управления понимают выявление отклонений от ряда заданных (нормативных) состояний, характеризуемых определенными критериями развития, и действия по возвращению в заданное нормативное состояние при резко изменяющихся внешних условиях.

Научная новизна данного исследования состоит в разработке методических основ совершенствования системы управления промышленного предприятия на основе механизмов адаптации, совершенствовании с учетом состояний системных параметров теоретических и методических основ эффективного управления промышленными предприятиями, использование которых будет способствовать созданию предпосылок для инновационного развития отечественных промышленных предприятий.

Практическая значимость исследования состоит в целесообразности применения его положений и выводов в деятельности промышленных предприятий при формировании политики управления, его основные методические положения и практические рекомендации могут быть использованы предприятиями при разработке стратегии развития и принятии управленческих решений.

Библиографический список

1. Дудчак, В. В. Система адаптивного управления предприятий оборонно-промышленного комплекса : монография / В. В. Дудчак. М. : Вузовская кн., 2005.

2. Скурихин, В. И. Проектирование систем адаптивного управления производством / В. И. Скурихин, В. А. Забродский, Ю. В. Копейченко. Харьков : Вища шк., 1984.

G. S. Mihalev, V. A. Skvortsova

MANAGEMENT SYSTEM PERFECTION OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE ON THE BASIS OF ADAPTATION MECHANISMS

Process of adaptive management at the industrial enterprise is considered. Components of the organizational and economic mechanism of adaptation in management system of the industrial enterprise and its role functions in managerial processes are defined. General approaches, rules and procedures, tools of perfection of management system on the basis of mechanisms of adaptation are offered.

Keywords: management system, adaptive management, mechanisms of adaptation, the organizational and economic mechanism, balanced scorecard.

УДК 330.322

Ю. А. Анищенко, И. А. Логачева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены основные подходы к оценке инвестиционной привлекательности предприятий, указываются их достоинства, недостатки и область применения.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, оценка, рейтинг, экспертный метод, аналитический метод.

Определение инвестиционной привлекательности предприятия представляет собой процесс всестороннего исследования всех сторон его деятельности с целью объективной оценки достигнутого уровня инвестиционной привлекательности, изменения его в динамике в сравнении с бизнес-планом и нормативными значениями, под воздействием различных факторов; принятия инвесторами обоснованных управленческих решений по финанси-

рованию инвестиционных проектов, исходя из критериев инвестиционной привлекательности предприятия; улучшения финансового состояния предприятия, повышения его инвестиционной привлекательности и др.

Анализируя отечественные методики оценки инвестиционной привлекательности предприятий, можно сделать вывод, что данное направление инвестиционного анализа еще недостаточно разработано. Кроме того, неверным будет говорить об универсальной методике определения инвестиционной привлекательности предприятия, поскольку отраслевая специфика является очень важным фактором.

Оценка инвестиционной привлекательности предприятия осуществляется двумя основными методами: экспертным и аналитическим (табл. 1) [1]. Экспертный метод базируется на опросах профессиональных участников рынка ценных бумаг и оценке качества корпоративного управления компаниями. Аналитический метод также имеет два подхода к оценке: на основе рыночной капитализации и анализе финансово-экономических показателей.

С 2001 г. рейтинг инвестиционной привлекательности предприятий – эмитентов акций составляется аналитическим отделом Российского информационного агентства «Росбизнесконсалтинг» на основе данных опросов банковских специалистов и профессиональных участников фондового рынка. По условиям проведения опроса эксперты называют не более трех акционерных обществ, акции которых обращаются на фондовом рынке. При подведении итогов эмитентам присваиваются баллы в соответствии с полученными ответами. По сумме набранных баллов определяется итоговый рейтинг, в который входят компании, набравшие наибольшее количество баллов.

Достоинства данной разновидности метода заключается в ее простоте, оперативности, использовании опыта высокопрофессиональных специалистов.

Недостатками является необъективность экспертных оценок с целью завысить свой и принизить рейтинг конкурента; непреднамеренная субъективность, которую можно назвать некомпетентностью эксперта; ограниченность применения (методика рассчитана на оценку только тех акционерных обществ, акции которых обращаются на организованном рынке ценных бумаг).

Следующая группа методик, основанных на экспертных оценках, характеризует инвестиционную привлекательность предприятия по критерию «качество корпоративного управления». В настоящее время данному аспекту уделяется значительно большее внимание, поскольку 85 % российских инвесторов считают, что уровень корпоративного управления является таким же важным показателем деятельности предприятия, как и его финансовые результаты. Кроме того, существует прямая зависимость между качеством корпоративного управления, эффективностью работы предприятия, его рыночной стоимостью и инвестиционной привлекательностью. В настоящее время широко известны три методики оценки качества корпоративного управления.

Первая методика была разработана Институтом корпоративного права и управления (ИКПУ) под руководством Д. Васильева совместно с группой международных экспертов агентства Blue Ribbon Panel. Оценка российских предприятий осуществлялась по следующим показателям: данным о структуре акционерного капитала, правах акционеров, об отсутствии рисков, о корпоративном окружении компании. Рейтинг присваивался по шкале от ста (самый высокий рейтинг) до нуля. Ежеквартально оценивалась деятельность 100 ведущих российских эмитентов.

Достоинством данной методики является использование только публичной, обязательной к раскрытию, или добровольно раскрываемой информации.

Методика имеет два недостатка: во-первых, поскольку инициатором исследований выступила Ассоциация по защите прав инвесторов, данный рейтинг прежде всего рассматривает качество корпоративного управления с точки зрения мелкого акционера; во-вторых, процедура расчета рейтингового числа ИКПУ не раскрывается.

Следующая методика разработана экспертами одной из крупнейших в России инвестиционной компании Brunswick UBS Warburg. В ее основу положен учет и анализ рисков, с которыми сталкиваются инвесторы при покупке крупного пакета акций предприятия. В ней реально существующие и потенциальные риски, связанные с корпоративным управлением, подразделяются на 8 категорий и 20 факторов. Каждый фактор риска оценивается экспертами с помощью балловой системы (табл. 2).

Чем выше рейтинг той или иной компании по совокупности набранных ею баллов, тем большую степень риска с ней связывают эксперты. По мнению аналитиков Brunswick UBS Warburg, компании, получившие более 35 штрафных баллов, являются чрезвычайно рискованными, а компании с рейтингом ниже 17 штрафных баллов считаются относительно безопасными с точки зрения инвестора.

Таблица 1

Методы и методики оценки инвестиционной привлекательности предприятий

Метод	Разновидности метода	Автор методики
Экспертный	Опросы профессиональных участников рынка ценных бумаг	Российское информационное агентство «Росбизнесконсалтинг»
	Оценка качества корпоративного управления компаниями	Институт корпоративного права и управления
		Инвестиционная компания Brunswick UBS Warburg
		Рейтинговое агентство Standard & Poor's
Аналитический	Рыночная капитализация предприятия и ее производные	Рейтинговое агентство «Эксперт РА»
	Анализ финансово-экономических показателей	А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин, Е. В. Пегашев, М. Н. Крейнина, В. В. Ковалев
		Рейтинговый центр консультационной фирмы АК&М

Достоинство методики в том, что она охватывает практически все виды рисков, связанные с нарушением прав акционеров. Недостатком является ее ориентация на крупнейшие «элитные» промышленные предприятия России, которых не так много.

Заслуживает внимания методика оценки качества корпоративного управления, разработанная рейтинговым агентством международной консалтинговой фирмы Standard & Poor's. Рейтинг составляется экспертами Standard & Poor's путем присваивания соответствующим разделам от нуля до десяти баллов. Общий рейтинг компании рассчитывался как среднее арифметическое между балловыми оценками разделов.

Разделы рейтинга и факторы, по которым осуществляется оценка, размещены на официальном сайте Standard & Poor's в Интернете, что является несомненным преимуществом данной методики (табл. 3).

Недостатком данного рейтинга является то, что консалтинговая фирма Standard & Poor's не учитывает российских особенностей ведения бизнеса (запрашивается множество такой дополнительной информации, которую большинство руководителей считает коммерческой тайной). В связи с этим, по мнению специалистов фондового рынка России, оценка качества корпоративного управления по данной методике не получит широкого распространения.

Сравнение достоинств и недостатков экспертных методов (табл. 4) [1] позволяет сделать вывод, что основными недостатками, ограничивающими более широкое применение экспертных методов при оценке инвестиционной привлекательности предприятий, является их узкая «специализация» под конкретных заказчиков оценки (например, портфельных или только стратегических инвесторов) и закрытая методика определения коэффициентов весомости факторов.

Кроме того, российская специфика накладывает серьезные ограничения на применение ряда традиционных для западных стран методик. В современных условиях их слепое копирование, как правило, не дает желаемого эффекта и может привести к неправильным выводам.

Группа методик оценки инвестиционной привлекательности предприятий, основанная на аналитическом методе, имеет две разновидности: на основе рыночной капитализации предприятия и на основе финансово-экономических показателей.

Лидером в составлении рейтингов является журнал Forbes, который в своих расчетах учитывает средние за последние 5 лет темпы роста объемов продаж, доходность акций, а также абсолютные значения объемов продаж, чистого дохода и долю прибыли в оценке акций за последний год.

Кроме журналов Fortune и Forbes, регулярные рейтинги составляют газеты Financial Times и Business Week, использующие в качестве основных критериев для оценки инвестиционной привлекательности акций на фондовом рынке ряд коэффициентов, производных от рыночной капитализации компании, таких как «капитализация к выручке от реализации» (английское обозначение – «P/S ratio»), «капитализация к чистой прибыли» (P/E ratio), «капитализация к собственному капиталу» (P/BV ratio) и дивидендный доход» (D/P ratio).

В России рыночная капитализация рассчитывается как произведение количества акций предприятия на рыночную стоимость одной акции по итогам торгов в Российс-

Таблица 2

Категории и факторы риска корпоративного управления, предложенные компанией Brunswick UBS Warburg

№ п/п	Категории риска	Факторы риска	Максимальное количество «штрафных» баллов
1	Непрозрачность	Финансовая отчетность по международным стандартам. Репутация открытости. Программа выпуска американских депозитарных расписок (АДР). Уведомления о собраниях акционеров	6 4 2 2
2	Размывание акционерного капитала	Объявленные, но невыпущенные акции. Блокирующий пакет акций у портфельных инвесторов. Наличие защитных мер в уставе	7 3 3
3	Банкротство	Просроченная кредиторская задолженность. Задолженность по расчетам с бюджетом. Финансовое управление	5 5 2
4	Вывод активов	Акционеры с контрольным пакетом акций. Трансфертное ценообразование	5 5
5	Слияние / реструктуризация	Слияние. Реструктуризация	5 5
6	Инициативы в области корпоративного управления	Состав совета директоров. Кодекс корпоративного управления. Наличие иностранного стратегического партнера. Дивидендная политика	3 2 1 3
7	Ограничения на владение акциями	Ограничение на владение иностранными лицами акциями или на их участие в голосовании	3
8	Реестродержатель	Качество	1

кой торговой системе. Дивидендный доход рассчитывается как отношение дивидендных выплат на одну акцию к ее рыночной стоимости. Этот показатель можно трактовать как оценку рентабельности дивидендных выплат, т. е. какую сумму дивидендов в рублях инвестор получает с одного рубля средств, вложенных в покупку акций по рыночной стоимости. Однако российская специфика накладывает определенные ограничения на применение традиционных рыночных коэффициентов. На российском фондовом рынке данные показатели можно рассматривать лишь как вспомогательные.

На практике оценивать инвестиционную привлекательность того или иного предприятия часто оказывается невозможным по ряду причин.

Например, ситуация с выплатой дивидендов в России не связана с предполагаемым ростом курса ценных бумаг в будущем. Доля дивидендных выплат в чистой прибыли крупных российских предприятий составляет около 5 %, что значительно ниже по сравнению с компаниями экономически развитых стран. Например, в Европе доля дивидендов в энергетическом секторе промышленности составляет 75...80 % от чистой прибыли, нефтяном – 60...75 %, пищевой промышленности – 40...50 %, торговле – 30...40 %. Большинство же российских предприятий предпочитает реинвестировать основную часть прибыли в производство, а не платить дивиденды [2]. В этой связи оценка инвестиционной привлекательности предприятия по показателю «D/P ratio» для инвестора малозначима. На российском рынке ценных бумаг основной доход портфельные инвесторы могут получить за счет роста курсовой стоимости акций, а не дивидендных выплат.

Составление рейтингов инвестиционной привлекательности на основе курсовой стоимости акций (рыночной капитализации), заимствованное у газет Financial Times и Business Week, используется рейтинговым агентством «Эксперт» с 1995 г. Методика РА «Эксперт» получила заключение международной консалтинговой фирмы PricewaterhouseCoopers в 2001 г. Согласно данной методике, независимо от отраслевой принадлежности предприятия ранжируются по следующим параметрам (в скобках – критерий ранжирования):

– самые крупные (годовой объем продаж в рублях);

– самые прибыльные (величина балансовой прибыли по итогам года);

Таблица 3

Факторы, включенные фирмой Standard & Poor's в расчет рейтинга качества корпоративного управления

№ п/п	Разделы рейтинга	Факторы оценки
1	Структура собственности	Прозрачность структуры собственности. Концентрация собственности и влияние со стороны собственников
2	Отношения с финансово заинтересованными лицами	Регулярность проведения собраний акционеров. Возможность принятия участия в собраниях акционеров и получения информации. Процедуры голосования и регламент ведения собраний акционеров. Права собственности (регистрация и передача, равенство прав собственности)
3	Финансовая прозрачность и раскрытие информации	Принятые стандарты раскрытия информации. Своевременность и доступность раскрываемой информации. Независимость аудитора и его статус
4	Структура и методы работы совета директоров и руководства компании	Структура и состав совета директоров. Роль и эффективность совета директоров. Роль и независимость внешних директоров. Политика в области вознаграждения, оценки результатов работы и должностных перемещений директоров и менеджеров

Таблица 4

Характеристика методик оценки инвестиционной привлекательности предприятий экспертным методом

Разновидность экспертного метода	Наименование методики и ее автор	Достоинства	Недостатки
Опросы профессиональных участников рынка ценных бумаг	Рейтинг эмитентов ценных бумаг РИА «Росбизнесконсалтинг»	Оперативность, простота составления рейтинга	Необъективность экспертов или их некомпетентность
Оценка качества корпоративного управления	Институт корпоративного права и управления	Использование публичной раскрытой информации	Применим только для мелких акционеров; закрытая методика определения весомости факторов
	Рейтинговое агентство Standard & Poor's	Раскрыт алгоритм расчета	Применим только для стратегических инвесторов и крупных предприятий; не учитывает российских особенностей ведения бизнеса; закрытая методика определения весомости факторов
	Инвестиционная компания Brunswick UBS Warburg	Охватывает большинство существующих рисков	

– самые крупные по рыночной стоимости (капитализация);

– самые динамичные (темп роста объемов продаж по сравнению с предыдущим годом);

– предприятия, наиболее недооцененные инвесторами за год (P/S ratio);

– предприятия, наиболее высоко оцененные инвесторами за год (P/S ratio).

Кроме того, для каждой отрасли используются вспомогательные критерии ранжирования. Например, для предприятий электроэнергетики дополнительно рассчитывается отношение «капитализация к выработке электроэнергии» и соотношение «капитализация к установленной производственной мощности». По каждому критерию определяются средние значения в отрасли, что позволяет инвесторам сравнивать показатели деятельности отдельных предприятий со среднеотраслевыми показателями [2].

Преимущества использования методик определения инвестиционной привлекательности на основе рыночной капитализации заключается в том, что результаты исследования наглядны, их проще объяснить, меньше проблем при сборе информации и формировании критериев сравнения. Недостатком является то, что использование показателя капитализации при составлении рейтинга часто бывает некорректным, так как в существующих российских условиях нет прямой зависимости между стоимостью предприятия и финансовыми результатами его деятельности.

Еще одним ограничением для использования этого метода является недостаточное развитие фондового рынка России. Акции большинства предприятий остаются малодоступными для инвесторов, а отсюда и отсутствие инвестиций в большинство российских предприятий в форме акционерных обществ.

В настоящее время широко используется подход, основанный на анализе бухгалтерской и другой статистической отчетности предприятия с целью определения наиболее значимых финансово-экономических показателей и вычисления интегрального показателя инвестиционной привлекательности предприятия.

Одной из наиболее известных является методика, предложенная А. Д. Шереметом и Р. С. Сайфулиным. Согласно данной методике, значения пяти коэффициентов (коэффициенты обеспеченности собственными средствами, текущей ликвидности, оборачиваемости активов, рентабельности продаж, рентабельности собственного капитала по балансовой прибыли/рентабельности активов по чистой прибыли) соотносятся с нормативными показателями, после чего суммируются с одинаковыми весовыми коэффициентами по следующей формуле:

$$R_i = K_{1i}(1/(5K_{1н})) + K_{2i}(1/(5K_{2н})) + K_{3i}(1/(5K_{3н})) + K_{4i}(1/(5K_{4н})) + K_{5i}(1/(5K_{5н})),$$

где R_i – интегральная рейтинговая оценка i-го предприятия; K_{1i}, K_{2i}, K_{3i}, K_{4i}, K_{5i} – фактические значения финансовых коэффициентов i-го предприятия; $K_{1н}$, $K_{2н}$, $K_{3н}$, $K_{4н}$, $K_{5н}$ – нормативные значения финансовых коэффициентов [3].

К достоинствам вышеупомянутой методики рейтинговой оценки финансового состояния можно отнести следующее:

– базой отсчета для получения рейтинговой оценки состояния предприятия являются не субъективные предположения экспертов, а сложившиеся в реальной рыночной конкуренции наиболее высокие результаты из всей совокупности сравниваемых объектов;

– рейтинговая оценка финансовой деятельности предприятия осуществляется на основе данных публичной отчетности;

– данный алгоритм расчета не предусматривает никаких ограничений в количестве сравниваемых финансовых показателей.

Однако в этой методике есть два существенных недостатка: в России не существует единого мнения по поводу нормативных (минимально допустимых или базовых) значений финансовых коэффициентов; при расчете интегрального показателя всем составляющим присвоены одинаковые весовые коэффициенты, что не совсем корректно, так как в зависимости от целей построения рейтинга или от инвестиционных предпочтений инвесторов важность весовых коэффициентов может существенно различаться.

Одной из новых является методика оценки инвестиционной привлекательности предприятий, разработанная рейтинговым центром консультационной фирмы АК&М и аудированная компанией «ЮНИКОН/МС консультационная группа». Значение итогового показателя инвестиционной привлекательности рассчитывается путем суммирования значений сводного рейтинга по факторам, характеризующим эффективность деятельности и платежеспособность, весовыми коэффициентами 0,6 и 0,4 соответственно. Данные факторы в свою очередь делятся на показатели с различной весомостью, также назначенные экспертами (табл. 5) [1].

Необходимо отметить, что применяемая в этой методике технология определения весовых коэффициентов носит закрытый характер. Авторами не раскрывается состав экспертов, их количество и компетентность. Возможные ошибки может внести несовершенный алгоритм сведения мнений экспертов в соответствующий цифровой эквивалент.

Сравним достоинства и недостатки методик на основе аналитического метода оценки инвестиционной привлекательности предприятий (табл. 6).

Общим недостатком аналитического метода оценки инвестиционной привлекательности является то, что он не учитывает множество качественных факторов, характеризующих инвестиционную привлекательность акционерного общества.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ существующих методик оценки инвестиционной привлекательности выявил ряд требований, которые должны учитываться при исследовании данной проблемы.

Во-первых, оценку инвестиционной привлекательности предприятия необходимо проводить с учетом инвестиционной привлекательности региона, в котором находится предприятие, а также с учетом его отраслевой принадлежности.

Во-вторых, при конструировании интегрального показателя инвестиционной привлекательности аналитическим методом нужен обоснованный выбор значений весовых коэффициентов, характеризующих финансово-хозяйственную деятельность. В зависимости от целей пост-

роения рейтинга или от инвестиционных предпочтений инвесторов важность весовых коэффициентов может существенно различаться.

В-третьих, необходима единая общепризнанная методика расчета и мониторинга нормативных (базовых) значений финансовых показателей. Их необоснованный выбор может привести к существенным искажениям результатов оценки.

В-четвертых, большинство методик определения инвестиционной привлекательности предприятий учитывают или только количественные показатели, рассчитываемые по бухгалтерской отчетности предприятий (а также по информационным данным Минэкономразвития России, органов государственной статистики и материалам различных информационных агентств), или только качественные факторы. При этом качественные факторы, характеризующие инвестиционную привлекательность, оцениваются преимущественно экспертным методом, а количественные – аналитическим, что является основным недостатком всех рассмотренных выше методов определения инвестиционной привлекательности предприятия.

Библиографический список

1. Лацинников, В. А. Комплексный анализ инвестиционной привлекательности предприятия : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.12 / Лацинников Владимир Александрович. Ставрополь, 2008.

2. Доронин, В. Д. Оценка инвестиционной привлекательности промышленных предприятий / В. Д. Доронин // Справочник экономиста. М. : 2005. № 8. С. 122–128.

3. Крылов, Э. И. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятий : учеб. пособие / Э. И. Крылов. М. : Финансы и статистика, 2003.

Таблица 5

Весовые коэффициенты показателей, определяющих эффективность деятельности и платежеспособность предприятий

Показатели	Весовые коэффициенты
Показатели эффективности деятельности	
Общая рентабельность отчетного периода	0,30
Объем чистой прибыли	0,25
Рентабельность основной деятельности	0,20
Производительность труда	0,15
Рентабельность активов	0,10
Итого	1,00
Показатели платежеспособности	
Коэффициент текущей ликвидности	0,40
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,20
Коэффициент автономии	0,40
Итого	1,00

Таблица 6

Характеристика методик определения инвестиционной привлекательности предприятий аналитическим методом

Разновидность аналитического метода	Наименование методики и ее автор	Достоинства	Недостатки
Рыночная капитализация предприятия и ее производные	Рейтинг 200 крупнейших компаний России по рыночной стоимости РА «Эксперт РА»	Оперативность, простота, невысокая стоимость расчетов	Невозможность оценить большинство предприятий из-за отсутствия официальных рыночных котировок
Анализ финансово-экономических показателей	Сравнительная рейтинговая оценка финансово-хозяйственной деятельности А. Д. Шеремета и Р. С. Сайфулина	Использование публичной информации, отсутствие ограничений на количество показателей	Отсутствие нормативных значений финансовых показателей, весомость всех показателей принята одинаковой
	Оценка рейтингового центра консультационной фирмы АК&М	Использование публичной раскрытой информации	Закрытая методика определения весомости факторов

Ju. A. Anischenko, I. A. Logacheva

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO THE ESTIMATION OF THE ENTERPRISES INVESTMENT APPEAL

The basic approaches to the estimation of enterprises investment appeal are considered. Their advantages, lacks and a scope of approaches are specified.

Keywords: investment appeal, an estimation, a rating, an expert method, an analytical method.

УДК 005.338.24

С. А. Демченко

РАНГОВЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Рассматривается применение техноценологической теории, процедур рангового анализа для анализа объемов потребления электрической энергии муниципальными медицинскими учреждениями. Применение процедур рангового анализа позволяет определить нормы потребления электрической энергии и выявить очередность проведения энергетических обследований учреждений.

Ключевые слова: муниципальное управление, ранговый анализ, нормирование, энергетическое обследование.

В настоящее время Государственной думой РФ принят в первом чтении проект закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» (далее Проект), в котором предусматривается определение энергоэффективности всех бюджетных зданий. Пункт 4 статьи 15 Проекта предписывает муниципальным органам управления организовать выполнение работ по повышению энергетической эффективности зданий, в которых размещаются муниципальные учреждения. Перед муниципальным органом управления ставится задача организации работ по мониторингу фактического потребления энергоресурсов, его анализу, определению нормативных объёмов. Для определения направлений приведения фактических объёмов потребления к нормативным объёмам необходима организация энергетических обследований.

В городе Красноярске более 800 зданий и помещений, в которых располагаются муниципальные учреждения. В основном все здания построены во второй половине прошлого века, и за прошедшие годы в учреждениях произошли значительные изменения. Проведение энергетических обследований всех учреждений является дорогостоящим и продолжительным процессом. Для организации работ и проведения мероприятий по снижению энергоёмкости помещений, эксплуатируемых муниципальными учреждениями, до показателя нормативной энергоёмкости необходимо определить:

– нормативный показатель энергоемкости;

– перечень учреждений, потребляющих электрическую энергию выше или ниже показателя нормативной энергоёмкости;

– очередность проведения энергетических обследований учреждений.

В практике определения нормативного объёма потребления электрической энергии преобладают подходы, основанные на использовании проектной документации, строительных норм и правил, расчетов норм по группам оборудования [1–3]. Проведение таких расчетов является очень трудоёмким (по группам оборудования), не отражает изменений, произошедших в учреждениях (на основе проектной документации, на основе строительных норм и правил), не учитывает вероятностного характера потребления электрической энергии.

Современное учреждение является сложной электротехнической системой, число электроприемников в ряде учреждений достигает десятков тысяч штук. Разнообразие режимов работы оборудования не позволяет точно определить объём потребления электрической энергии, используя показатели установленной мощности оборудования. В общем, случайным является и количество посетителей медицинского учреждения, что тоже влияет на объём потребления электрической энергии.

Целью данного исследования является применение техноценологической теории для организации муниципальным органом процесса определения и исследования нормативного объёма потребления электрической энергии муниципальными медицинскими учреждениями.

Для исследования сложных технических систем используется техноценологический подход, предложенный Б. И. Кудриным [4] и получивший развитие в работах В. И. Гнатюка [5], В. В. Фуфаева и др.

Понятие технетики введено Б. И. Кудриным. Технетика – это часть технической реальности, которая документально может быть определена (фиксируется документом) и которая как целостность включает технику, технологию, материалы, готовые изделия (продукцию), отходы [4]. Объектом исследования технетики является технический ценоз. Технический ценоз (техноценоз) – это сообщество, образованное практически бесконечным (практически счётным) множеством слабо связанных и слабо взаимодействующих изделий, для целей познания, выделяемых как единое целое. Технетика изучает возникновение, развитие и оптимизацию техноценозов.

Закон оптимального построения техноценозов, сформулированный В. И. Гнатюком, гласит, что оптимальным является техноценоз, в котором имеется такой набор технических изделий-особей, который с одной стороны, по своим совокупным функциональным показателям обеспечивает выполнение поставленных задач, а с другой – характеризуется максимальной энтропией, т. е. суммарные энергетические ресурсы, воплощенные в технические изделия при их изготовлении, распределены равномерно по популяциям техники [5].

Для исследования техноценозов применяется ранговый анализ. Ранговый анализ – метод исследования больших технических систем (инфраструктурных объектов, техноценозов), имеющий целью их статистический анализ, а также оптимизацию и полагающий в качестве основного критерия форму видовых и ранговых распределений [5].

Практическая реализация рангового анализа включает следующие процедуры [6]:

– выделение техноценоза;

– определение перечня видов в техноценозе;

– задание видообразующих параметров;

– параметрическое описание техноценоза;

– построение табулированного рангового распределения;

– построение графического рангового видового распределения;

– построение графических ранговых параметрических распределений;

– построение видового распределения;

– аппроксимация распределений;

– оптимизация техноценоза.

Оптимальное управление реализуется в рамках трех основных процедур: прогнозирования, интервального оценивания и нормирования. Для целей настоящего исследования, в рамках оптимизации техноценоза, необходимо реализовать две последние процедуры.

Пусть каждое муниципальное учреждение здравоохранения характеризуется индивидуальными административно-технологическими признаками и показателями объёма потребляемой электрической энергии как особь из множества, образующего сообщество – техноценоз.

Сообщество муниципальных медицинских учреждений города Красноярска может быть исследовано на принадлежность к техноценозу по следующим основаниям:

– количество единиц техники в учреждениях практически бесконечно (практически счетное);

– учреждения имеют единый центр управления – муниципальный орган;

– деятельность учреждений имеет единую цель – сохранение здоровья населения муниципалитета;

– между учреждениями, безусловно, имеются слабые связи, обусловленные наличием единого органа управления, единой цели, единой территорией, на которой функционируют учреждения;

– учреждения не являются застывшей технической системой, они проходят стадии создания, развития и модернизации, т. е. подвержены процессам технической эволюции;

– учреждения обслуживают население одного муниципального образования, имеющего общую специфику заболеваний. Статистическая проверка гипотез подтвердила, что сообщество муниципальных медицинских учреждений является техноценозом [7].

Построение рангового Н-распределения для целей рангового анализа осуществляется следующим образом:

– в техноценозе (в данном случае в общей совокупности муниципальных медицинских учреждений города Красноярска) выделяются учреждения и исследуемый параметр – электропотребление W (годовой объем);

– учреждения ранжируются: учреждению с максимальной величиной электропотребления $W_{max} = W_1$ присваивается ранг r_1, следующее учреждение с $W_2 < W_1$ имеет ранг r_2 и так далее для всей выборки. Учреждение, имеющее минимальное электропотребление $W_{min} = Wn$, будет иметь ранг r_n, равный общему числу предприятий n. Таким образом, полученное табулированное ранговое распределение по величине электропотребления представляет собой совокупность точек, получаемых по эмпирическим данным (см. таблицу):

$$(r_1,W_1); (r_2,W_2); \ldots (r_i,W_i); \ldots (r_n,W_n). \quad (1)$$

Для получения непрерывного распределения $W(x)$ дискретный набор точек (r_i, W_i) аппроксимируется невозрастающей гиперболической зависимостью

$$Wp_i = A / r^{в}, \quad (2)$$

где в – характеристический ранговый показатель, определяющий степень крутизны кривой; A – константа распределения; r – ранг.

Аппроксимация табулированного рангового распределения решается различными методами. В данном случае аппроксимация выполнена методом наименьших квадратов (рис. 1).

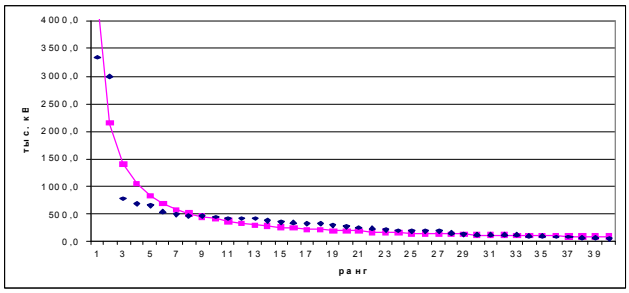


Рис. 1. Ранговое параметрическое распределение муниципальных медицинских учреждений по параметру потребление электрической энергии в 2008 г.: *точки* – фактическое потребление электрической энергии, тыс. кВт; *сплошная линия* – аппроксимирующая кривая

Для нормирования потребления электрической энергии муниципальными учреждениями здравоохранения проведем разбиение сообщества учреждений на кластеры. Разбиение на кластеры производится по методу «ближнего соседа». В ходе реализации метода на каждом шаге применялся объединяющий алгоритм, основанный на оценке расстояний между точками, выявлении пары ближайших друг к другу точек и замены их средним. Количество кластеров задавалось исходя из размерности массива исходных значений потребления электрической энергии. В качестве метрики использовалось взвешенное евклидово расстояние (см. таблицу).

После того как объекты техноценоза разбиты на параметрические кластеры, определим параметрические нормы внутри каждого из кластеров. Норма представляет собой скорректированное среднее и корректирующий коэффициент, определяемые на выборке значений параметра группы. Среднее значение параметра для s-й группы объектов определяется следующим образом:

$$W_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_s} W_i,$$

где W_s – среднее значение электропотребления для кластера s; W_i – потребление электроэнергии i-м учреждением; n – количество учреждений; s – номер кластера.

Для учета искажений, связанных с использованием среднего значения потребления электрической энергии среди учреждений одного кластера, рассчитаем скорректированное среднее:

$$W_{ksi} = W_{si} + (Wp_i - W_{si}), \quad (3)$$

$$k_i = W_{ksi} / S,$$

где W_{ksi} – скорректированное среднее значение потребления электрической энергии i-м учреждением s-го кластера; W_{si} – среднее значение потребления электрической энергии i-м учреждением s-го кластера; S – априори задаваемый коэффициент колебаний объема потребления электрической энергии.

Далее вычислим минимальную и максимальную нормы потребления электрической энергии для каждого учреждения (см. таблицу):

$$\mathrm{H}_{ni} = W_{ksi} - k_i, \quad (4)$$

$$\mathrm{H}_{hi} = W_{ksi} + k_i. \quad (5)$$

Муниципальные медицинские учреждения выполняют социальные функции, поэтому целью их функционирования не является достижение максимального значения прибыли или иного показателя эффективности. Целью является удовлетворение потребностей населения в медицинских услугах, сохранение здоровья населения муниципального образования. Сам факт отличия фактического потребления электрической энергии от нормативного не может служить показателем неэффективности функционирования учреждения. Необходимо провести дополнительное энергетическое обследование для определения причин отклонения фактического объёма потребления электрической энергии от нормативного значения и, при необходимости, для разработки мероприятий по снижению/повышению объёмов потребления электрической энергии. Для эффективной организации работы по проведению энергетических обследований, учитывая количество помещений, занимаемых муниципальными учреждениями, необходимо определить, в каких учреждениях нужно в первую очередь провести энергетические обследования.

С целью определения очередности проведения энергоаудита учреждений осуществляется интервальное оценивание Н-распределения. Для этого ранговое параметрическое распределение разбивается на интервалы, так что в каждом из них отклонения значений фактического электропотребления от соответствующих теоретических

Нормы потребления электрической энергии муниципальными медицинскими учреждениями

Номер учреждения	Потребление в 2008 г., тысяч кВт	Ранг	Очередность проведения энергоаудита	Номер кластера	Минимальное значение нормы, тыс. кВт	Максимальное значение нормы, тыс. кВт
1	45,3	40	1	8	92,6	113,2
2	198,6	24	30	7	153,5	187,6
3	328,0	18	3	6	204,1	249,4
4	249,4	21	16	7	175,2	214,1
5	285,8	20	6	7	183,9	224,7
6	212,0	23	25	7	160,1	195,7
7	340,6	16	10	6	229,3	280,2
8	500,0	7	29	5	519,4	634,9
9	418,9	13	15	6	281,6	344,1
10	81,5	38	31	8	97,4	119,1
11	444,0	10	21	5	365,0	446,1
12	541,2	6	32	5	605,0	739,4
13	123,3	32	23	8	115,5	141,2
14	100,0	34	26	8	108,8	133,0
15	99,5	35	33	8	105,7	129,2
16	150,1	28	12	8	131,8	161,1
17	242,3	22	24	7	167,3	204,5
18	424,3	11	11	5	332,2	406,0
19	424,2	12	18	5	304,8	372,5
20	191,9	26	19	7	141,8	173,4
21	89,2	37	20	8	100,1	122,3
22	92,6	36	22	8	102,8	125,6
23	192,1	25	13	7	147,5	180,2
24	358,9	15	34	6	244,4	298,7
25	477,6	8	35	5	455,2	556,3
26	3 335,0	1	7	1	3560,4	4 351,6
27	329,0	17	2	6	215,9	263,9
28	3 000,0	2	4	2	1 793,7	2 192,3
29	773,2	3	36	3	1 200,6	1 467,4
30	125,4	31	9	8	119,2	145,7
31	687,4	4	37	4	903,6	1 104,4
32	466,4	9	28	5	405,1	495,1
33	667,0	5	17	4	724,6	885,6
34	380,4	14	8	6	261,7	319,8
35	74,8	39	5	8	95,0	116,1
36	303,3	19	38	6	193,4	236,4
37	145,4	29	39	8	127,3	155,6
38	122,9	33	14	8	112,0	136,9
39	188,9	27	40	7	136,6	167,0
40	129,3	30	27	8	123,1	150,5

его значений, определяемых аппроксимационной кривой (2), распределены по нормальному закону:

$$\omega/[\sigma(\omega\theta)] = \Phi^{-1}(\alpha/2), \qquad (6)$$

где ω – ширина доверительного интервала в одну сторону от кривой; σ(ωθ) – среднеквадратичное отклонение экспериментальных точек от теоретической кривой; $\Phi(t) = \frac{1}{2\pi}\int_0^t e^{-t^2/2}dt$ – функция Лапласа ($\Phi^{-1}(t)$ – обратная функция); α – априорно принимаемая доверительная вероятность.

Решение уравнения (6) определяет ширину доверительного интервала ω на каждом из классов разбиения. Если точка входит в ω, то в пределах гауссового разброса параметров можно судить, что данный объект потребляет электроэнергию нормально для своего интервала разбиения рангового Н-распределения (рис. 2.).

Определим учреждения, ранг которых находится в пределах интервала, выше или ниже его (рис. 3).

Чтобы получить список очередности проведения энергоаудита, определим относительную величину отклонения точек от границ доверительного интервала. Для учреждений, потребляющих электрическую энергию в объёме, превышающем верхнюю границу доверительного интервала, значение ординаты 1, в пределах интервала 0, ниже интервала –1. Затем проранжируем объекты по данному параметру. В результате мы получим очередность проведения энергоаудита (см. таблицу). Это позволит муниципальному органу управления организовать первоочередные энергетические обследования в учреждениях, потребление электрической энергии которых существенно отличается от нормативного.

Таким образом, применение техноценологической теории, рангового анализа в практике управления муниципальными медицинскими учреждениями позволяет определить научно обоснованные нормы потребления электрической энергии; повысить эффективность расходования бюджетных средств, направляемых на оплату электрической энергии, потребленной муниципальными медицинскими учреждениями; повысить эффективность функционирования учреждений; на базе научного подхода организовать работу по повышению энергетической эффективности зданий, в которых располагаются муниципальные учреждения.

Библиографический список

1. Об утверждении методики определения нормативов потребления энергоресурсов бюджетными учреждениями : распоряжение губернатора Перм. области : [11.01.2005 г. № 3 р] [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. Электрон. дан. 2005. Режим доступа: http://www.consultant.ru. Загл. с экрана.

2. Отчет Правительства Республики Татарстан о выполнении Республиканской программы «Энергоресурсоэффективность в Республике Татарстан на 2006–2010 гг.» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. Электрон. дан. 2006. Режим доступа: http://www. consultant.ru. Загл. с экрана.

3. Касюк, С. Т. Методика расчетов лимитов потребления энергетических ресурсов и воды бюджетных организаций / С. Т. Касюк //Автоматизация и управление в техн. системах : тем. сб. научн. тр. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. С. 66–70.

4. Кудрин, Б. И. Введение в технетику / Б. И. Кудрин. 2-е изд., перераб. и доп. Томск : Изд-во ТГУ, 1993.

5. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов : монография [Электронный ресурс] / В. И. Гнатюк. Компьютер. версия, перераб. и доп. Электрон. дан. 2005–2009. Режим доступа: http://gnatukvi.ru./ind.html. Загл. с экрана.

6. Гнатюк, В. И. Ранговый анализ техноценозов / В. И. Гнатюк // Электрика. 2000. № 8. С. 14–22.

7. Пантелеев, В. И. Формирование лимитов потребления электрической энергии муниципальным учреждениям / В. И. Пантелеев, В. К. Кистенев, С. А. Демченко // Регионология. 2008. № 1. С. 126–130.

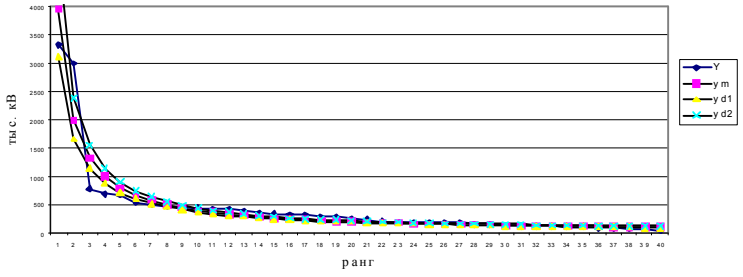


Рис. 2. *Y*-распределение, построенное по фактическим точкам потребления электрической энергии учреждениями; *ym* – кривая, аппроксимирующая распределение *Y*; *yd*1 и *yd*2 – верхняя и нижняя граница доверительного интервала соответственно

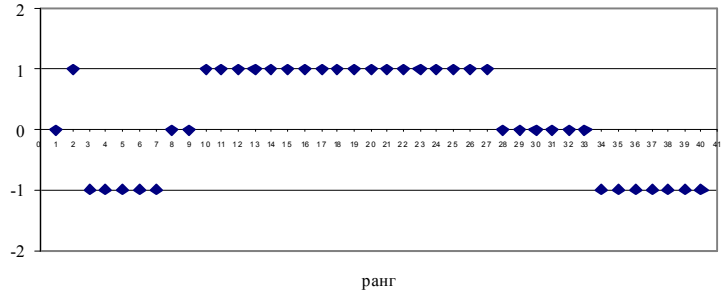


Рис. 3. График соответствия объема потребления электроэнергии границам доверительного интервала

S. A. Demchenko

RANG ANALYSIS OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION VALUES IN MUNICIPAL INSTITUTIONS

The usage of the technocenologic theory and procedures of the rang analysis for the analysis of electric energy consumption values in municipal medical institutions is considered. The usage of the rang analysis procedures allows to determine electric energy consumption norms and priorities of energetic inspections in institutions.

Keywords: municipal management, rang analysis, introduction of norms, energetic inspection.

УДК 519.8

А. А. Ступина, А. Я. Югай

ОПТИМИЗАЦИЯ КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОВЫШЕНИЯ СОГЛАСОВАННОСТИ СРОЧНОЙ СТРУКТУРЫ АКТИВОВ-ПАССИВОВ КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА

Рассматривается оптимизация кредитного портфеля на основе повышения согласованности срочной структуры активов-пассивов коммерческого банка. Проводится сравнительный анализ существующих методов решения проблемы. Предлагаются шесть стратегий приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду при формировании кредитного портфеля. На их основе построены модели формирования кредитного портфеля коммерческого банка.

Ключевые слова: оптимизация, кредитный портфель.

Особую остроту приобрел в последние годы вопрос оптимизации структуры кредитных ресурсов и вложений по суммам и срокам, так как у многих банков ресурсная часть по срокам значительно короче, чем сроки их кредитных вложений. Эта проблема представляет реальную угрозу ликвидности для многих коммерческих банков [1; 2; 3; 4].

Разрыв ликвидности возникает в случае превышения пассивов (обязательств самого банка) над активами (требованиями банка к своим дебиторам) с одним сроком, т. е. когда обязательств больше, чем средств для их возврата. И наоборот, сумма превышения активов над пассивами по отдельным временным интервалам, называемая «подушкой ликвидности», характеризует избыток имеющихся у банка средств для расчета по своим обязательствам. С учетом того, что общая сумма активов и общая сумма пассивов банка всегда равны по своим абсолютным величинам, то обязательным является равенство $\sum_{i=1}^{I} \lambda_i = 0$. Структура активов-пассивов является сбалансированной (согласованной) – в случае равенства активов и пассивов в каждом из временных интервалов. В основном, структуры активов-пассивов как банков в целом, так и их филиалов, являются несбалансированными, о чем свидетельствуют большие значения «разрывов» ликвидности по отдельным временным интервалам. Если превышение активов над пассивами, при отдельном рассмотрении этого факта, не приносит никаких затруднений для банка, а наоборот, повышает ликвидность, то в случае превышения пассивов над активами банк испытывает серьезные трудности с обеспечением ликвидности: он не в состоянии при наступлении срока ответить по своим обязательствам без привлечения дополнительных источников или вынужден реализовывать свои активы со значительным дисконтом, в убыток, что также приводит к финансовой несостоятельности.

На сегодняшний день представлены следующие подходы к решению проблемы:

1. Модель пассивной эволюции (МПЭ). Суть ее заключается в следующем. Касса банка располагает определенной суммой, в нее поступают средства от дебиторов, а также в определенные моменты времени из нее производятся плановые изъятия. Если на момент изъятия средств в кассе недостаточно, то продаются ликвидные активы по цене, существующей на рынке в момент возникновения недостатка, при этом банк выплачивает определенный штраф за срочность реализации. Если при покрытии у банка возникают затруднения, то к плановым изъятиям добавляются «панические», которые вызываются опасениями кредиторов потерять средства, вложенные ими в банк. Если в некоторой момент времени наличности и ликвидных активов оказалось недостаточно, то банк считается несостоятельным и расчет модели пассивной эволюции заканчивается [5]. Идея МПЭ весьма интересна, и если бы она была на самом деле воплощена на практике, имела бы широкое практическое использование. Однако в том виде, в котором модель представлена, она никакого практического значения не имеет.

2. Моделирование кредитного риска. В данном подходе кредитный риск рассматривается в трех формах: заемщики платят банку не вовремя; не полностью; не сра-

зу, а частями. Недостатком данного подхода является то, что риск невозврата каждого конкретного кредитного продукта в момент решения о его выдаче не определяется. Предлагается ограничиться только средней суммой возврата.

3. Портфельная теория Марковица. Применение портфельной теории Марковица теоретически возможно при формировании оптимального кредитного портфеля, тем более что одна из ценных бумаг – это вексель. Между тем, учетные операции векселей внешних эмитентов являются кредитными операциями [6]. Существенными недостатками, не позволяющими использовать портфельную теорию Марковица при формировании кредитного портфеля банка, являются следующие: невозможность анализа взаимных связей при изменении доходности (возвратности) кредитов, а значит, и снижения риска неплатежа путем диверсификации кредитного портфеля; использование только одного критерия для оценки риска невозврата, что значительно снижает объективность получаемой оценки риска невозврата.

С целью приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду при формировании кредитного портфеля банку предлагается одна из следующих шести стратегий.

1. Формирование кредитного портфеля в i-м временном интервале производится без учета ликвидности (согласованности) предыдущих интервалов. В соответствии с этой стратегией банк стремится в максимально короткий срок достичь равенства активов и пассивов в каждом временном интервале, для чего размещает в них кредиты в суммах, равных дефициту ликвидности $\lambda_l < 0$ или не более суммы свободных кредитов F_i, при равенстве активов и пассивов ($\lambda_l = 0$). В этом случае ликвидность каждого интервала рассматривается автономно без учета «накопленной» ликвидности (избытка ликвидности $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q > 0$) на предыдущих интервалах.

2. Формирование кредитного портфеля в i-м временном интервале производится с учетом ликвидности (согласованности) предыдущих интервалов. Данный вариант размещения свободных кредитных ресурсов предусматривает, в отличие от первого, учёт величины накопленной ликвидности $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q$. Это происходит следующим образом: при $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q > 0$ и $\lambda_l < 0$ инвестирование в i-м временном интервале производится на величину, равную $\left| \sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q + \lambda_i \right|$, в случае $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q < |\lambda_i|$. При $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q \geq |\lambda_i|$ кредитование в i-м временном интервале не производится. В данном случае кредитование производится только на сумму разницы между накопленной ликвидностью на предыдущих интервалах и дефицитом ликвидности в рассматриваемом временном интервале.

3. Банк добивается ликвидности в «коротких» временных интервалах, удовлетворяя кредитные заявки последовательно в каждом из них. При этом объем кредитного портфеля в каждом интервале ограничивается только общей суммой свободных ресурсов. На последующих временных интервалах сумма свободных ресурсов уменьшается на объём уже размещенных средств. В этом случае ограничения на сумму свободных ресурсов задаются алгоритмически.

4. Комбинацией первой и второй стратегий приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду является четвертая стратегия. Объем выдаваемых кредитов в i-м временном интервале при $\sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q < |\lambda_i|$ определяется ограничением $\left| \sum_{q=1}^{i-1} \lambda_q - \lambda_i \right| \leq \sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij} \leq |\lambda_i|$, где $i = \overline{1, I}$; J – множество индексов принятых кредитных заявок; k_{ij} – сумма кредита, запрашиваемого j-м заемщиком с погашением долга в i-м временном интервале; x_{ij} – булева переменная, принимающая значение 1, если кредит k_{ij} выдается и 0, если кредитная заявка на получение кредита отклоняется банком.

Таким образом, четвертый вариант стратегии приведения временной структуры к согласованному виду учитывает накопленную на предыдущем временном интервале ликвидность, не исключая возможности привести структуру i-го интервала к равенству, разместив свободные кредитные ресурсы в сумме, равной дефициту ликвидности в нем.

5. Комбинацией первой и третьей стратегий приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду является пятая стратегия: объем кредитного портфеля в самом «коротком» временном интервале не должен превышать величины всех свободных кредитных ресурсов общей структуры баланса и быть не менее чем величина дефицита ликвидности без учета накопленной на предыдущих временных интервалах. На последующих временных интервалах сумма свободных ресурсов уменьшается на объем уже размещенных средств.

6. В отличие от пятой, при шестой стратегии нижний предел размещаемых кредитов в i-м временном интервале не должен быть меньше дефицита ликвидности в нем с учетом накопленной ликвидности на предыдущих временных интервалах.

Предложенные стратегии размещения инвестиционных средств выбираются специалистами с учетом существующей в банке методики минимизации процентного риска.

Один из основных рисков, которому подвержен банк в силу своей природы – процентный риск, или риск процентной ставки. Это риск ухудшения финансового состояния банка при неблагоприятном изменении процентных ставок по финансовым инструментам, составляющим портфель требований и обязательств банка.

Согласованная структура активов-пассивов в каждом временном интервале является защитой банка не только от риска потери ликвидности, но и от процентного риска. В то же время при наличии хорошо отработанной методики снижения процентного риска, путем расчета «чувствительности» активов-пассивов к изменению процентных ставок, банк может выбрать не только первую, но и вторую, и третью стратегию приведения временной структуры баланса к согласованности, получив при этом возможности увеличения доходности.

Таким образом, первая стратегия (ей соответствует модель 1) выбора оптимального набора кредитных заявок – единственно возможная в случае нечувствительных активов и пассивов к изменению процентных ставок. Вторая–шестая стратегии (модели 2–6) могут быть выбраны банком в противном случае, а также при постоянном расчете им GAP-модели.

Модель 1. Модель формирования кредитного портфеля банка, реализующая первую стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

В предлагаемой постановке задачи формирование кредитного портфеля производится путем формирования кредитных портфелей в каждом из временных интервалов, на которые поделена временная структура баланса банка. В дальнейшем эти кредитные портфели в каждом *i*-м временном интервале будем именовать «*i*-й субпортфель».

Учитывая, что срочные структуры активов-пассивов, используемые в качестве основы принятия решения при формировании кредитного портфеля банка, могут быть двух видов в зависимости от способа построения, то вид ограничения объемов размещаемых кредитов в каждом *i*-м временном интервале будет различен.

Рассмотрим случай, когда временная структура построена с учетом прогнозируемых сроков возврата активов и пассивов.

Если временная структура активов-пассивов является несогласованной, то ограничение, накладываемое на объем выдаваемых кредитов в каждом *i*-м временном интервале, в котором сумма пассивов больше суммы активов («разрыв ликвидности»), может быть записано в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le \left| \mathrm{A}_i - \Pi_i \right|, \qquad (1)$$

где A_i – величина активов *i*-го временного интервала; Π_i – величина пассивов *i*-го временного интервала.

С целью согласования срочной структуры активов-пассивов, путем снижения «разрыва» ликвидности, объем выдаваемых кредитов из временного интервала *I* не может быть больше, чем сумма превышения пассивов над активами в этом же интервале.

В случае согласованной временной структуры активов-пассивов кредитование производится в строгом соответствии с объемом и срочностью свободных кредитных ресурсов, которыми располагает банк в момент принятия решения о кредитовании заемщиков. Ограничение, накладываемое на объем выдаваемых кредитов в *i*-м временном интервале, т. е. в интервале с равными (близкими) значениями активов и пассивов, будет иметь вид

$$\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le F_i . \qquad (2)$$

Таким образом, при решении задачи формирования кредитного портфеля банка через формирование кредитных портфелей в каждом *i*-м временном интервале, выбор вида ограничения объема вновь выдаваемых кредитов в каждом из этих интервалов будет зависеть от значения $\left(\Pi_i - \mathrm{A}_i\right)$:

– в случае превышения пассивов над активами $\left(\mathrm{A}_i - \Pi_i < 0\right)$ ограничение на объем выдаваемых кредитов в этом временном интервале имеет вид (1);

– в случае равенства активов и пассивов $\left(\mathrm{A}_i - \Pi_i = 0\right)$ это ограничение имеет вид (2);

– в случае превышения активов над пассивами $\left(\mathrm{A}_i - \Pi_i > 0\right)$ кредитование в этом временном интервале не производится.

Пусть теперь временная структура активов-пассивов построена на основе сроков договоров на привлечение и размещения средств. Если временная структура активов-пассивов является несогласованной, добиваться строгого равенства активов и пассивов в каждом *i*-м временном интервале при использовании этого вида временной структуры нецелесообразно. Для этого банк на основе нормативов ликвидности определяет для себя величину R_i – требуемое соотношение активы/пассивы в *i*-м временном интервале. Ограничение суммы размещаемых кредитов в *i*-м временном интервале примет вид

$$\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le \left| \mathrm{A}_i - R_i \, \Pi_i \right| . \qquad (3)$$

В случае согласованной временной структуры активов-пассивов ограничение на объем выдаваемых кредитов имеет вид

$$\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le R_i F_i . \qquad (4)$$

Выбор ограничения объема вновь выдаваемых кредитов в каждом из временных интервалов будет зависеть от величины $\left(\mathrm{A}_i - R_i \Pi_i\right)$:

– в случае превышения пассивов над активами $\left(\mathrm{A}_i - R_i \Pi_i < 0\right)$ ограничение на объем выдаваемых кредитов в этом временном интервале имеет вид (3);

– в случае равенства активов и пассивов $\left(\mathrm{A}_i - R_i \Pi_i = 0\right)$ это ограничение имеет вид (4);

– в случае превышения активов над пассивами $\left(\mathrm{A}_i - R_i \Pi_i > 0\right)$ кредитование в этом временном интервале не производится.

Вопрос определения последовательности временных интервалов, в которых в первоочередном порядке будет производиться кредитование, является немаловажным в предложенной постановке задачи формирования банком оптимального кредитного портфеля. Это обусловлено тем, что наряду с общепринятыми критериями для задачи формирования оптимального кредитного портфеля банка (доходностью кредитных операций и величиной риска невозврата), в данной постановке третьим критерием является соблюдение ликвидности временной структуры активов-пассивов банка. Самым «опасным» с точки зрения ликвидности является временной интервал «до востребования», т. е. сегодняшний, текущий день. Кредитование как способ повышения ликвидности срочной структуры активов-пассивов во временном интервале «до востребования» в данном случае не рассматривается. В связи с этим самым первым временным интервалом, в котором необходимо добиться требуемого уровня ликвидности, будет временной интервал от одного дня до одного месяца, затем временной интервал от 1 месяца до 3 месяцев и т. д.

Прежде чем начать кредитование по критериям, указанным выше, необходимо распределить неразмещенные кредитные ресурсы с целью формирования кредитного портфеля, в зависимости от ликвидности уже существующей временной структуры активов-пассивов.

Для этого запишем алгоритм перераспределения свободных ресурсов, исходя из согласованности каждого временного интервала.

1. $I = 1$.

2. Для $i = \overline{1, I}$. Если $\lambda_i < 0$, то если $F_i + \lambda_i \geq 0$, то к п. 6, иначе к п. 3, иначе, если $\lambda_i < 0$, к п. 6.

3. $F_{i+1} = F_{i+1} + (F_i + \lambda_i)$ и $F_i = -\lambda_i$, если $F_{i+1} \geq 0$, то к п. 6, иначе к п. 4.

4. $K = I$. $F_{k+2} = F_{k+2} + F_{k+1}$ и $F_{k+1} = 0$, если $F_{k+2} \geq 0$, то к п. 6, иначе к п. 5.

5. Если $k < I$, то k: = k + 1 и к п. 4, иначе к п. 6.

6. i: = I + 1. Если $i < I$, то к п. 2, иначе к п. 7.

7. Конец.

Далее рассмотрим, как осуществляется нахождение оптимального набора кредитных заявок для одного временного интервала.

Выполним формализованную запись критерия получения максимальной доходности от проводимых банком кредитных операций при соблюдении требования минимизации риска невозврата.

Введём обозначения: d_{ij} – проценты за пользование k_{ij} -м кредитом (предполагается, что d_{ij} выплачиваются единовременно с возвратом самого кредита); P_{ij} – вероятность невозврата заемщиком обязательств по возврату кредита и процентов по нему ($k_{ij} + k_i d_{ij}$).

В предлагаемой постановке задачи, в целях ее упрощения, предполагается два варианта обслуживания долга заемщиком: 100-процентный возврат суммы кредита и процентов по нему в установленный срок, либо полное отсутствие платежей в погашение кредита и процентов по нему.

Выдача кредитов рассматривается не только как доходный инструмент банка, но и как инструмент, позволяющий повысить ликвидность временной структуры активов-пассивов банка. С этой целью полагаем, что пассивы Π_i из временного интервала i в случае их недоиспользования не могут быть инвестированы в кредиты из других временных интервалов. Поэтому недоиспользованная сумма пассивов из i-го временного интервала, равная $F_i - \sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij}$, принимает участие в формировании кредитного портфеля с $d_{ij} = 0$ и $P_{ij} = 0$.

Тогда ожидаемые поступления (основной долг, проценты, недоиспользованные ресурсы) $E(x_{ij})$ от комбинации кредитных заявок будут определяться по формуле

$$E(x_{ij}) = \sum_{j \in J} (k_{ij} + k_{ij} d_{ij} t_{ij}) x_{ij} (1 - P_{ij}) + F_i - \sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij} = \sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij} (d_{ij} t_{ij} - P_{ij} - d_{ij} P_{ij} t_{ij}) + F_i. \quad (5)$$

Для обеспечения ликвидности и прибыльности по окончании i-го периода кредитования необходимо, чтобы выполнялось следующее ограничение:

$$d_{ij} t_{ij} - P_{ij} - d_{ij} P_{ij} t_{ij} > 0, \quad (6)$$

которое, в свою очередь, можно представить в виде

$$\frac{d_{ij} t_{ij}}{1 + d_{ij} t_{ij}} > P_{ij}. \quad (7)$$

Обозначим выражение (6) через $w_{ij} = d_{ij} t_{ij} - P_i - d_{ij} P_{ij} t_{ij}$, тогда w_{ij} будет определять весовой коэффициент, характеризующий доходность и рискованность рассматриваемого проекта. Если $w_{ij} < 0$, то кредит ожидается убыточным и нет смысла его выдавать. В конечном счете, задача максимизации дохода и минимизации кредитного риска при соблюдении ликвидности баланса банка представится следующим образом:

$$F_i + \sum_{j \in J} w_{ij} k_{ij} x_{ij} \longrightarrow \max, \quad (8)$$

или, после отбрасывания константы F_i:

$$\sum_{j \in J} w_{ij} k_{ij} x_{ij} \longrightarrow \max \quad (9)$$

при одном из ограничений (1–4) в зависимости от согласованности структуры активов-пассивов банка и способа ее построения.

Таким образом, задача нахождения набора кредитных заявок, оптимального по трем критериям (доходности, риску невозврата и ликвидности) приведена к задаче целочисленного линейного программирования – к «задаче о ранце».

Модель 2. Модель формирования кредитного портфеля банка, реализующая вторую стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

На предварительном этапе выбора оптимального набора кредитных заявок необходимо перераспределение свободных кредитных ресурсов, которое производится в соответствии со второй стратегией приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

Алгоритм предварительного перераспределения свободных кредитных ресурсов имеет следующий вид.

1. $I = 1$.

2. Для $i = \overline{1, I}$. Если $\lambda_i < 0$, то если $F_i + \lambda_i + \sum_{q=1}^{i-1} (F_q + \lambda_q) \geq 0$, то к п. 6, иначе к п. 3, иначе, если $\lambda_i \geq 0$, к п. 6.

3. $F_{i+1} = F_{i+1} + (F_i + \lambda_i + \sum_{q=1}^{i-1} (F_q + \lambda_q))$ и $F_i = -\lambda_i - \sum_{q=1}^{i-1} (F_q + \lambda_q)$, если $F_{i+1} \geq 0$, то к п. 6, иначе п. 4.

4. $K = I$. $F_{k+2} = F_{k+2} + F_{k+1}$ и $F_{k+1} = 0$, если $F_{k+2} \geq 0$, то к п. 6, иначе к п. 5.

5. Если $k < I$, то k: = k + 1 и к п. 4, иначе к п. 6.

6. i: = I + 1. Если $i < I$, то к п. 2, иначе к п. 7.

7. Конец.

Нахождение оптимального набора кредитных заявок для всей временной структуры активов-пассивов осуществляется следующим образом.

Для всех временных интервалов критерий имеет вид

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J_i} \frac{w_{ij} k_{ij}}{t_{ij}} x_{ij} \longrightarrow \max_{x_{ij}}, \quad (10)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{J_i} k_{ij} x_{ij} \leq F_i, i = \overline{1, I}. \quad (11)$$

Модель 3. Реализует стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду, позволяющую добиваться избытка ликвидности в «коротких» временных интервалах. На последующих временных интервалах сумма свободных ресурсов уменьшается на объем уже размещенных средств.

На предварительном этапе выбора оптимального набора кредитных заявок необходимо перераспределение свободных кредитных ресурсов. Алгоритм перераспределения следующий.

1. $I = 1$.

2. Для $i = \overline{1, I}$, $F = F + F_i$.

3. Для $1_i < 0$, если $\lambda_i + F_i + \sum_{q=1}^{i-1}(F_q + \lambda_q) \le 0$, то $F = F + (\lambda_i + F_i + \sum_{q=1}^{i-1}(F_q + \lambda_q))$. Если $F \le 0$, и $F_i = -\lambda_i - \sum_{q=1}^{i-1}(F_q + \lambda_q)$ и $F = 0$ и к п. 5. Иначе, если $\lambda_i + F_i + \sum_{q=1}^{i-1}(F_q + \lambda_q) \ge 0$, то $F_i = -\lambda_i - \sum_{q=1}^{i-1}(F_q + \lambda_q)$ и к п. 4.

4. $I = i + 1$. Если $i < I$, то к п. 3, иначе к п. 5.

5. Конец.

Целевая функция имеет вид (10) при ограничениях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i, \\ \sum_{j=1}^{J_i} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b, i = \overline{2, I}, \end{cases} \quad (12)$$

где F_b – сумма свободных кредитных ресурсов, использованная для выдачи кредитов из предыдущих временных интервалов. Алгоритм расчета величины F_b следующий.

Пусть каким-либо образом был выбран набор кредитных заявок для i-го, $i = \overline{1, I}$ временного интервала на сумму C_n:

1. $i = n$.

2. $C_i = C_n$.

3. Если $F_i - C_i < 0$, то к п. 4., иначе к п. 7.

4. $C_{i+1} = C_i - F_i$; $F_i = 0$;

5. Если $F_{i+1} - C_{i+1} < 0$, то к п. 6 и $\tilde{F}_{i+1} = F_{i+1}$, иначе к п. 8.

6. $C_{i+2} = C_{i+1} - F_{i+1}$; $F_{i+1} = 0$, $I = I + 1$ и к п. 5.

7. $F_i = F_i - C_i$ и к п. 9.

8. $F_{i+1} = F_{i+1} - C_{i+1}$ и $\tilde{F}_{i+1} = F_{i+1}$ и к п. 9.

9. Конец.

В такой постановке задача сведена к задаче о ранце с алгоритмически заданными ограничениями.

Модель 4. Модель формирования кредитного портфеля банка, реализующая четвертую стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

Алгоритм предварительного распределения свободных кредитных ресурсов тот же, что и для модели, реализующей вторую стратегию. Целевая функция имеет вид (10) при ограничениях

$$|\lambda_i| \ge \sum_{j=1}^{J_i} k_{ij} x_{ij} \ge F_i.$$

В случае $\lambda_i \ge 0$ кредитование в i-м интервале не производится.

Модель 5. Модель формирования кредитного портфеля банка, реализующая пятую стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

Алгоритм предварительного распределения свободных кредитных ресурсов представлен в третьей модели. Целевая функция имеет вид (10) при ограничениях

$$\begin{cases} |\lambda_i| \le \sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i, \\ |\lambda_i| \le \sum_{j=1}^{J_i} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b, i = \overline{2, I}. \end{cases} \quad (13)$$

Алгоритм расчета $\tilde{F}_b$ остается прежним. В случае $\lambda_i \ge 0$ кредитование в i-м интервале не производится.

Однако (13) представляет общий вид ограничений, соответствующий идеальному варианту, при котором сумма свободных средств равна дефициту ликвидности. На практике объем свободных кредитных ресурсов меньше совокупной величины дефицита ликвидности на всех интервалах. Поэтому необходим алгоритм задания ограничений в процессе решения задачи, так как иначе решениями задачи (10), (13) будет пустое множество.

1. $I = 1$. Проверяем выполнение ограничения $|\lambda_1| \ge \sum_{i=1}^{I} F_i$. Если неравенство истинно, то ограничение имеет вид $|\lambda_1| \le \sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i$ и к п. 2. Иначе, если $|\lambda_1| \ge \sum_{i=1}^{I} F_i$, то ограничение имеет вид $\sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i$ и к п. 2.

2. $I = 2$. Если $|\lambda_1| \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b$, то $|\lambda_1| \le \sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b$ и к п. 3. Иначе $\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b$ и для оставшихся интервалов $i = \overline{3, I}$ ограничения имеют вид $\sum_{j=1}^{Ji} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b$ и к п. 4.

3. $I = I + 1$. Если $i < I$, то к п. 2, иначе к п. 4.

4. Конец.

Модель 6. Модель формирования кредитного портфеля банка, реализующая шестую стратегию приведения временной структуры активов-пассивов к согласованному виду.

Алгоритм предварительного распределения свободных кредитных ресурсов соответствует третьей модели. Целевая функция определяется (10) при ограничениях

$$\begin{cases} F_1 \le \sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i, \\ F_i \le \sum_{j=1}^{J_i} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b, i = \overline{2, I}. \end{cases} \quad (14)$$

Алгоритм расчета $\tilde{F}_b$ остается прежним.

Учтем, что (14) представляет общий вид ограничений, соответствующий идеальному варианту, при котором сумма свободных средств равна дефициту ликвидности. На практике объем свободных кредитных ресурсов меньше совокупной величины дефицита ликвидности на всех интервалах. Поэтому необходим алгоритм задания ограничений в процессе решения задачи, так как иначе решением задачи (13), (18) будет пустое множество.

1. $I = 1$. Проверяем выполнение ограничений $\left|F_1\right| \le \sum_{i=1}^{I} F_i$. Если неравенство истинно, то ограничение имеет вид $\left|F_1\right| \le \sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i$ и к п. 2. Иначе, если $\left|F_1\right| \ge \sum_{i=1}^{I} F_i$, то ограничение имеет вид $\sum_{j=1}^{J_1} k_{1j} x_{1j} \le \sum_{i=1}^{I} F_i$ и к п. 2.

2. $I = 2$. Если $\left|F_1\right| \le \sum_{b=i}^{I} F_b - \sum_{b=i}^{I} \tilde{F}_b$, то $\left|F_1\right| \le \sum_{j=1}^{J_1} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=1}^{I} F_b - \sum_{b=1}^{I} \tilde{F}_b$ и к п. 3. Иначе $\sum_{j=1}^{J_1} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=1}^{I} F_b - \sum_{b=1}^{I} \tilde{F}_b$ и для оставшихся интервалов $i = \overline{3, I}$ ограничения имеют вид $\sum_{j=1}^{J_1} k_{ij} x_{ij} \le \sum_{b=1}^{I} F_b - \sum_{b=1}^{I} \tilde{F}_b$ и к п. 4.

3. $I = I + 1$. Если $i < I$, то к п. 2, иначе к п. 4.

4. Конец.

Таким образом, построена система оптимизационных моделей и вспомогательных алгоритмов, позволяющая в автоматизированном режиме реализовать стратегии (комбинации стратегий) согласования временной структуры активов-пассивов банка (обеспечивающие требуемый уровень ликвидности на всем временном горизонте планирования банковского кредитования) при максимуме доходности и минимуме риска при кредитовании в коммерческом банке. Предложено шесть стратегий приведения общей временной структуры активов-пассивов к согласованному виду при формировании кредитного портфеля банка. Построены шесть моделей формирования кредитного портфеля банка, реализующих стратегии приведения общей временной структуры активов-пассивов к согласованному виду при формировании кредитного портфеля в коммерческом банке.

Библиографический список

1. Купчинский, В. А. Система управления ресурсами банков / В. А. Купчинский, А. С. Улинич // М. : Экзамен, 2000.

2. Алавердов, А. Р. Стратегический менеджмент в коммерческом банке / А. Р. Алавердов. М. : Маркет ДС Корпорейшн, 2007.

3. Панова, Г. С. Кредитная политика коммерческого банка / Г. С. Панова. М. : ДИС, 2002.

4. Пуртиков, В. А. Постановка задачи оптимизации выбора кредитного портфеля / В. А. Пуртиков // Вестник НИИ СУВПТ. 1999. Вып. 2. Красноярск. С.145–159.

5. Амелин, И. Э. Анализ активов банка. Метод обратной задачи Марковица / И. Э. Амелин // Бизнес и Банки. 2000. № 50. С. 6–7.

6. Касимов, Ю. Ф. Введение в теорию оптимального портфеля ценных бумаг / Ю. Ф. Касимов. М. : Анкил, 2005.

A. A. Stupina, A. Ya. Jugay

OPTIMISATION IN ESTABLISHING OF A CREDIT PORTFOLIO FORMATION BASED ON CONFORMITY OF URGENT ACTIVE-PASSIVE STRUCTURE OF THE COMMERCIAL BANK

Optimization in establishing a credit portfolio is described. It is based on coordination of urgent active-passive structure of the commercial bank. The comparative analysis of the existing methods to solve such a problem has been performed. There are proposed six strategies, which allow to transform a temporary structure of actives and passives to coordinated format at the point of formation of credit portfolio. The new models for the formation of credit portfolio of any commercial bank are proposed.

Keywords: optimization, credit portfolio.

УДК 06.56.31

М. А. Волкова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ РЕГИОНА В СФЕРЕ ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО БИЗНЕСА

Рассматриваются проблемы оценки эффективности механизма государственного управления региональной экономикой органами государственной власти субъекта Российской Федерации на примере политики поддержки малого бизнеса. Предлагаются принципы проведения оценки, формулируются критерии эффективности, учитывающие специфику государственно-властного воздействия на субъекты малого предпринимательства.

Ключевые слова: эффективность, механизм государственного управления, региональная экономика.

Состояние и результаты функционирования социально-экономической системы региона определяются действием множества факторов, важнейшим из которых является эффективность механизма государственного управления региональной экономикой. В равной степени данное утверждение справедливо в отношении всех секторов экономики и, прежде всего, предприятий, относящихся к субъектам малого предпринимательства.

Механизм государственного управления экономическими процессами представляет собой сложный комплекс методов, инструментов и организационных схем управления, реализуемых федеральными, региональными органами государственной власти, органами местного самоуправления. Все вместе они воздействуют на среду функционирования малого бизнеса, определяя существенные (прежде всего финансовые) условия, поведение, траекторию развития субъектов Российской Федерации и местных сообществ.

Особая роль в формировании благоприятного для развития субъектов малого предпринимательства бизнес-климата в регионе принадлежит органам государственной власти субъекта Федерации. Региональные власти, являясь прямым или косвенным участником рыночных отношений, выступают посредниками между органами федеральной власти и местным самоуправлением и обязаны согласовывать интересы всех субъектов, имеющих отношение к управлению развитием территории или оказывающих влияние на это развитие. Именно с деятельностью органов исполнительной и законодательной власти региона предприниматели во многом связывают наличие развитой транспортной, логистической и телекоммуникационной инфраструктуры, доступность помещений и финансовых ресурсов.

Своевременная и объективная оценка эффективности функционирования государственного механизма поддержки малого бизнеса является необходимым условием успешной реализации региональной экономической политики. В современных условиях, когда с одной стороны, на поддержку малого бизнеса из региональных бюджетов выделяются миллиарды рублей, а с другой – властные структуры вынуждены проводить оптимизацию бюджетных расходов, проведение данной оценки на систематической основе приобретает критическое значение.

Анализу эффективности механизма государственной поддержки малого бизнеса, как и собственно управления региональной экономикой в целом, посвящено множество научных работ. Тем не менее, стремление обеспечить указанную эффективность на практике продолжает сталкиваться с проблемами различного характера: кадровыми, экономическими, политическими и т. п. Одной из причин существующего положения является несформированность теоретической и методологической базы оценки эффективности государственного механизма управления экономическим развитием, использование принципов и критериев оценки, применяемых при анализе функционирования управляющих систем на микроуровне – уровне отдельного предприятия или производственного комплекса.

На наш взгляд, оценку эффективности государственного механизма управления региональной экономикой (как всех ее секторов, так и сектора, представленного субъектами малого предпринимательства) необходимо проводить, опираясь на системный подход, учитывая базовые характеристики государственного управления и управляющей системы – региональных органов государственной власти.

В исследованиях отечественных и зарубежных авторов само понятие эффективности трактуется неоднозначно [1]. Опираясь на результаты работ методологического характера, посвященные данной проблеме, эффективность государственного управления региональной экономикой можно представить как обобщающую категорию в следующем ряду понятий (рис. 1):

– производительности как соотношения достигнутых результатов и использованных региональными органами государственной власти ресурсов (финансовых, имущественных, кадровых, информационных);

– экономичности как соотношения между затраченными ресурсами и минимально возможными с учетом соответствия качества государственных услуг принятым стандартам (административным регламентам), а в конечном счете потребностям бизнес-сообщества региона;

– результативности как соотношения достигнутых за определенный период изменений социально-экономической ситуации в регионе с планируемыми или прогнозируемыми.

Все указанные составляющие взаимосвязаны и равнозначны.

Рассматривая систему государственного управления как открытую, мы должны учитывать, во-первых, действие внешних по отношению к региональной экономике и деятельности органов государственной власти субъекта Федерации факторов, которые существенным образом влияют на социально-экономическую ситуацию в регионе, а во-вторых, специфику и уровень государственно-властного воздействия региональных властей на деятельность субъектов предпринимательства.

В качестве «внешних» сил и факторов, определяющих характер, степень и силу воздействия «продукта» государственного управления на региональное хозяйство, а значит, и условия развития малого бизнеса, можно выделить следующие:

– действия федеральных органов государственной власти;

– действия органов местного самоуправления, функционирующих на территории субъекта Федерации;

– действия отдельных субъектов предпринимательства, их объединений и т. д .

Основным продуктом любой управленческой деятельности являются решения. Формализованные решения региональных органов власти воплощаются в реализации программ субсидирования расходов субъектов малого предпринимательства, создании инфраструктуры поддержки малого бизнеса (центров и агентств по развитию предпринимательства, фондов содействия кредитованию субъектов малого предпринимательства, бизнес-инкубаторов), информационных систем и информационно-телекоммуникационных сетей и т. д. В своей совокупности указанные действия и мероприятия являются компонентами механизма государственного управления региональной экономикой и представляют собой «продукт» государственного управления, субъектом которого выступают региональные власти, а объектом – предприятия малого бизнеса, осуществляющие свою хозяйственную деятельность в регионе.

Учитывая вышеизложенное, сформулируем условия и принципы оценки эффективности функционирования механизма государственного управления, которые отражали бы специфику как субъекта, так и объекта управления.

1. Оценка эффективности механизма государственного управления с позиции основных заинтересованных сторон.

В зависимости от того, кто выступает субъектом оценки эффективности управленческой деятельности региональных органов власти, для оценки эффективности механизма государственного управления могут применяться различные целевые установки, методы и критерии. Для региональных властей показателем эффективности нередко является наличие программ поддержки предпринимательства, процент освоения бюджетных средств, выделенных на реализацию программы в очередном финансовом году, реализация программных мероприятий; для вышестоящих уровней власти (Президента Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти) в качестве критериев эффективности выбраны значения целевых индикаторов, характеризующих темпы развития малого бизнеса в регионе [2]. В то же время результаты исследования общероссийской общественной организации малого и среднего предпринимательства «Опора России» свидетельствуют о том, что эффективность государственного механизма управления экономикой оценивается субъектами малого предпринимательства на основании анализа таких базовых факторов, формирующих бизнес-климат в регионе, как доступность квалифицированной рабочей силы, земельных участков, жесткость процедур административных проверок и т. д. [3]. При этом лишь сравнительно небольшая часть предпринимателей когда-либо принимала участие в разнообразных программах поддержки, реализуемых федеральными, региональными и муниципальными органами власти.

Таким образом, оценка может быть внешней и внутренней. Внешняя оценка выполняется на вышестоящих уровнях государственной власти, отдельными хозяйствующими субъектами, их объединениями, а также населением в целом. Внутренняя оценка используется региональными органами законодательной и исполнительной власти для принятия решений о распределении ресурсов по направлениям деятельности, оптимизации рабочих процессов, мотивации сотрудников в соответствии с приоритетностью планируемых конечных результатов и степенью их достижения.

В качестве основных заинтересованных сторон (сторон участия) процесса оценки эффективности механизма государственного управления можно выделить следующие группы субъектов:

– Президент Российской Федерации и федеральные органы исполнительной власти (Правительство Российской Федерации, федеральные министерства);

– высшее должностное лицо субъекта Федерации, органы исполнительной власти субъекта Федерации;

– законодательный орган субъекта Федерации (региональный парламент);

– органы местного самоуправления, действующие на территории субъекта Федерации;

– хозяйствующие субъекты, объединения хозяйствующих субъектов (другие общественные объединения).

2. Учет специфики результатов управленческой деятельности региональных органов государственной власти как объекта оценки.

Поскольку механизм государственного управления фактически представляет собой «продукт» управленческой деятельности региональных властей, важный вопрос, на который необходимо ответить, – что именно подлежит оценке в процессе анализа эффективности механизма государственного управления субъектами малого предпринимательства, действующими на территории региона.

В качестве непосредственных результатов управленческой деятельности органов власти можно указать предоставление государственных услуг субъектам малого предпринимательства (например, выдачу лицензий, разрешений), подготовку и проведение мероприятий (деловых форумов, выставок, ярмарок), создание информационных и учебных центров для предпринимателей, предоставление бюджетных субсидий и т. д. Эти меры в конечном счете служат целевыми индикаторами реализации государственных планов и программ поддержки предпринимательства. Однако и превентивная, профилактическая деятельность, результат которой проявляется в долгосрочной перспективе, является составляющей механизма государственного управления и поэтому подлежит оценке.

Единой классификации результатов управленческой деятельности как отдельных государственных служащих, так и органов государственной власти, не существует. Рассмотрим классификацию, которая, на наш взгляд, отражает специфику функционирования механизма госу-

дарственного управления экономикой (рис. 2). Для каждой из составляющих «продукта» государственного управления указана группа показателей, которые позволяют измерить уровень достигнутого успеха.

Функции органов государственной власти реализуются через административные процедуры и процессы, для осуществления которых необходимы определенные ресурсы (человеческие, информационные, финансовые). Это может быть процедура разработки ведомственной целевой программы поддержки субъектов малого предпринимательства, процедура отбора инвестиционных проектов для предоставления государственной поддержки и т. д. В ходе оценки эффективности данных процессов используются показатели затраченных ресурсов и рабочих процессов, которые позволяют оценить экономичность и в определенной степени производительность как отдельных государственных служащих, так и органа власти в целом (например, количество времени, потраченного на проведение консультаций).

Объем и качество услуг, получаемых в результате выполнения процесса, программы или мероприятия, продуктивность данного процесса являются непосредственными (прямыми) результатами деятельности органов государственной власти. Они поддаются количественной и качественной оценке в краткосрочной перспективе. Примером такого результата будет служить перечисление на счета предпринимателей средств регионального бюджета для разработки и реализации инвестиционных проектов, участия в выставках, ярмарках и т. д. Для оценки прямых результатов деятельности органов государственной власти используются показатели промежуточного результата (например, объем средств регионального бюджета, выделенных на реализацию указанных выше мероприятий).

Показатели затраченных ресурсов и рабочих процессов и показатели промежуточного результата находят свое отражение в должностных регламентах государственных гражданских служащих и в административных регла-

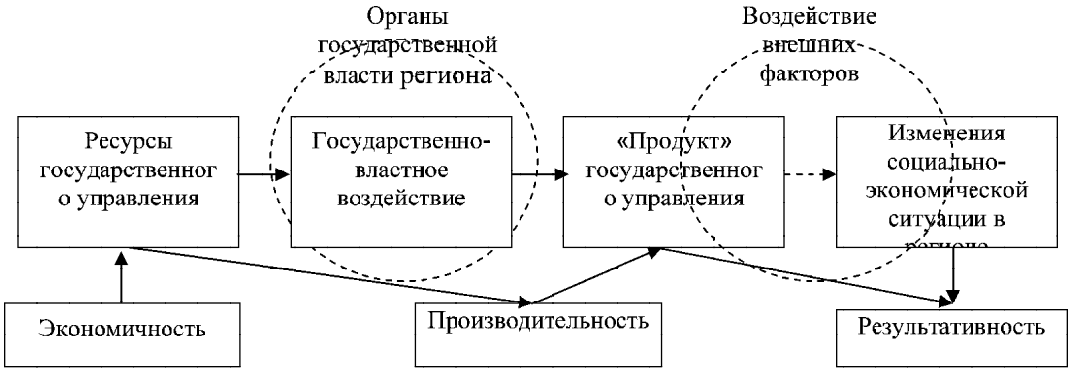


Рис. 1. Эффективность государственного управления экономикой региона

Рис. 2. Результаты деятельности органов государственной власти региона по управлению экономикой

ментах оказания государственных услуг (регламент предоставления государственной субсидии на возмещение части процентных ставок по кредитам, полученным в российских кредитных организациях субъектами малого предпринимательства, реализующими инвестиционные проекты). Сравнение текущих показателей с плановыми или данными предыдущих периодов позволяет выявить перебои в деятельности органов государственной власти региона или, наоборот, показывает ее стабильность.

Внешние косвенные (конечные) результаты деятельности органов государственной власти региона проявляются в изменении параметров региональной экономики, а в нашем случае – количественных и качественных аспектах функционирования малого бизнеса на территории (изменение числа субъектов малого бизнеса, численности занятых в малом бизнесе, доли малых предприятий, занятых в инновационном секторе экономики и т. д.). Соответственно, показатели конечного эффекта отражают данные изменения.

Наконец, можно выделить внутренние косвенные результаты деятельности региональных органов государственной власти, которые проявляются не в виде изменения параметров функционирования управляемой системы, а виде изменения параметров управляющей системы: повышение квалификации государственных гражданских служащих, обновление компьютерного оборудования, создание единых банков данных, формирование творческой атмосферы в коллективе и т. д. Это может оказывать значительное, хоть и не прямое воздействие на эффективность служебной деятельности.

Оценить в полной мере внутренние и внешние косвенные результаты деятельности применительно к конкретно взятому государственному гражданскому служащему практически невозможно, в отличие от органа государственной власти или в некоторых случаях его подразделений.

Предлагаемая классификация охватывает весь спектр результатов деятельности региональных органов государственной власти, так как учитывает эффекты, возникающие как в управляющей, так и в управляемой системе. Построенная на ее основе процедура оценки эффективности механизма государственного управления региональной экономикой позволяет сделать оценку более объективной, согласовать с исполнителем сферы ответственности за результаты управления и повысить мотивацию государственных гражданских служащих за счет увязки уровня оплаты с достижением определенных показателей в работе.

3. Множественность и локальность критериев эффективности механизма государственного управления региональной экономикой (см. таблицу).

В сфере взаимодействия государства и бизнеса определить какой-то один универсальный критерий эффективности механизма государственного управления представляется достаточно сложным. Влияние органов государственной власти региона на деятельность субъектов предпринимательства, в том числе малого, отличается многозначностью и разноплановостью, что приводит к необходимости рассматривать связанную совокупность частных локальных критериев [4]. Исходным условием для формирования данных критериев должно служить нормальное функционирование социально-экономической системы региона, иначе говоря, они должны отражать состояние управляемого объекта и цели его развития.

Критерии эффективности должны также отражать изменения параметров управляющей системы, представленной региональными органами государственной власти. Такие составляющие эффективности, как экономичность и производительность управления, напрямую связаны с функционированием аппарата управления и их необходимо учитывать в процессе оценки воздействия «продукта» государственного управления на социально-экономическую ситуацию в регионе.

Представленные в таблице группы критериев позволяют оценить как степень достижения целей управляемой системы, так и изменение параметров функционирования управляющей системы, принимая во внимание разнородность результатов управленческой деятельности региональных властей.

Формирование указанных групп критериев осуществляется на различных уровнях властной иерархии государственных структур в соответствии с тем, какая из составляющих «продукта» государственного управления служит предметом оценки. На уровне главы субъекта Российской Федерации, законодательного органа субъекта Федерации (стратегический уровень), как правило, используются показатели конечного эффекта, которые служат целевыми индикаторами реализации программ социально-экономического развития региона. На уровне отдельных органов исполнительной власти региона (тактический уровень) – показатели промежуточного результата, которые содержатся в ведомственных целевых программах. Наконец, на уровне подразделений ведомственных структур и отдельных государственных гражданских служащих, осуществляющих свою деятельность в органах исполнительной власти региона (операционный уровень) – показатели рабочих процессов и затраченных ресурсов.

Итак, изложенные выше принципы оценки эффективности механизма государственного управления экономикой региона в сфере поддержки субъектов малого предпринимательства позволяют органам государственной власти сформировать подходы и процедуры оценки, которые адекватно раскрывали бы характер и содержание управленческого воздействия государства, его особенности в условиях рыночной трансформации экономики, отражали позицию основных заинтересованных сторон. Повышение качества мониторинга результатов деятельности региональных органов власти, уровня обоснованности и задач ее совершенствования может быть достигнуто за счет использования в ходе оценки критериев, позволяющих оценить кумулятивный эффект воздействия «продукта» государственного управления на условия функционирования малого бизнеса в регионе, участия в процедурах оценки представителей бизнес-сообщества региона.

Библиографический список

1. Иванникова, Н. Г. Теоретические и методические основы оценки эффективности государственного управления экономикой региона: дис. … кан. экон. наук : 08.00.05/ Иванникова Нина Георгиевна. Воронеж, 2004.

2. Указ Президента Российской Федерации от 28.06.2007 г. № 825 «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» // Собрание законодательства Рос. Федерации. 02.07.2007 г. № 27. С.3256.

3. Развитие малого и среднего предпринимательства в регионах России «Индекс Опоры» [Электронный ресурс] // Информ. портал малого и среднего предпринимательства «Опора России». Электрон. дан. Сор. 2003–2009. Режим доступа: http://www.opora.ru/analytics/our-efforts. Загл. с экрана.

4. Котелевская, И. В. Оценка эффективности деятельности государственных служащих: сб. статей / И. В. Котелевская. М. : Норма, 2005.

Критерии эффективности механизма государственного управления региональной экономикой

Наименование группы критериев	Содержание критерия
Показатели конечного эффекта	1. Уровень социально-экономического развития регионального хозяйства (на примере сектора малого предпринимательства): – количество субъектов малого предпринимательства; – доля занятых в малом предпринимательстве в общем количестве занятых в экономике региона; – уровень средней заработной платы занятых на малых предприятиях; – доля продукции/услуг субъектов малого предпринимательства в валовом региональном продукте; – доля малых наукоемких предприятий в общем количестве субъектов малого предпринимательства. 2. Состояние доходной базы регионального бюджета: – процент роста налоговых поступлений за счет роста числа субъектов малого предпринимательства и увеличения заработной платы занятых в малом бизнесе. 3. Оценка деятельности региональных органов власти представителями бизнес-сообщества региона: – доля респондентов, давших положительную оценку деятельности региональных органов власти
Показатели промежуточного результата	1. Степень реализации мероприятий по поддержке субъектов малого предпринимательства: – процент реализации по отношению к плану. 2. Финансирование мероприятий по поддержке субъектов малого предпринимательства за счет средств регионального бюджета: – объем и доля средств регионального бюджета. 3. Степень участия субъектов малого предпринимательства в программах поддержки, реализуемых региональными органами власти: – доля субъектов малого предпринимательства, воспользовавшихся государственной поддержкой
Показатели рабочих процессов	Соблюдение сроков и процедуры мероприятий, проводимых в рамках реализации региональных программ поддержки малого предпринимательства
Показатели затраченных ресурсов	Затраты времени и средств регионального бюджета на выполнение государственной функции/процедуры (трудоемкость и экономичность)

M. A. Volkova

EVALUATION OF PUBLIC ADMINISTRATION MECHANISM EFFICIENCY IN MANAGING REGIONAL ECONOMY IN THE SPHERE OF SMALL BUSINESS SUPPORT

The evaluation problems of public administration mechanism efficiency in managing regional economy by regional authorities of the Russian Federation in the sphere of small business development policy is covered. The evaluation principles are proposed. The criteria of efficiency considering governmental specify impact on small business enterprises are formulated.

Keywords: efficiency, mechanism of public administration, regional economy.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алгазин Евгений Игоревич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1984 г. Область научных интересов – инвариантные системы передачи информации. E-mail: Root_lukos@koe.ref.nstu.ru.

Аникина Юлия Анатольевна – старший преподаватель кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – региональная экономика, совершенствование управления жилищно-коммунальным развитием. E-mail: anikinay@inbox.ru.

Анищенко Юлия Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1987 г. Область научных интересов – структурные преобразования, реструктуризация предприятий, управление стоимостью предприятия и процессами преобразований. Тел. (391)291-92-80.

Анкудинов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, ведущий конструктор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский балтийский государственный технический университет в 1987 г. Область научных интересов – методы проектирования космических аппаратов. E-mail: aav@npopm.ru.

Антамошкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – техническое направление (системный анализ). E-mail: oleslav@mail.ru.

Антамошкин Олеслав Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-экономических систем Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – системный анализ и управление. E-mail: oleslav@mail.ru.

Антамошкина Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2003 г. Область научных интересов – управление инновациями и инвестиционной деятельностью. E-mail: antamoshkin @mail.ru.

Аплеснин Сергей Степанович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1976 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, физика магнитных явлений. E-mail: aplesnin@sibsau.ru.

Ахатов Рашид Хадиатович – кандидат технических наук, доцент кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский политехнический институт в 1977 г. Область научных интересов – автоматизация технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. E-mail: axatob@istu.edu.

Бабкина Людмила Алексеевна – старший преподаватель кафедры компьютерного моделирования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт космической техники в 1990 г. Область научных интересов – 3D-моделирование. E-mail: L_babkina@mail.ru.

Баранкина Татьяна Андреевна – начальник клинической больницы № 42 города Зеленогорска. Окончила Академию народного хозяйства при Правительстве РФ в 2004 г. Область научных интересов – организация системы здравоохранения. Тел. (839169)4-21-20.

Батукова Луиза Рихардовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – корпоративное развитие, финансовые рынки. E-mail: malilu@yandex.ru.

Бахмарева Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – реорганизация систем управления, процессный подход к управлению, управление качеством, экономический анализ деятельности предприятия, методика преподавания экономических дисциплин. E-mail: bahmareva@sidsau.ru.

Безбородов Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Московское общевойсковое командное училище в 1977 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Белозерцев Владимир Семенович – доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1974 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов. E-mail: braverman-vladimir@rambler.ru.

Беляков Геннадий Павлович – доктор экономических наук, профессор, ректор Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1966 г. Область

научных интересов – экономика народного хозяйства. Тел. (391)264-00-14.

Белякова Галина Яковлевна – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности в 1969 г. Область научных интересов – региональная экономика. Тел. (391)264-05-14.

Богданова Татьяна Александровна – начальник кузнечно-прессовой лаборатории ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1986 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли. E-mail: btal@kramz.rusal.ru.

Бойко Андрей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1990 г. Область научных интересов – управление основными производственными фондами машиностроительных предприятий. E-mail: boiko@sibsau.ru.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела переподготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1985 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, теория автоматического управления, композиционные материалы. E-mail: bouko@sibsau.ru.

Браверман Владимир Яковлевич – доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов. E-mail: braverman-vladimir@rambler.ru.

Брезицкая Валерия Витальевна – сотрудник ЗАО «Делфи». Окончила Институт цветных металлов и золота Сибирского федерального университета в 2007 г. Область научных интересов – обработка информации и информационный менеджмент. E-mail: bresizkajaw@rambler.ru.

Варыгина Мария Петровна – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделении Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 2006 г. Область научных интересов – математическое моделирование, параллельные вычисления. E-mail: varyginam@yandex.ru.

Ващенко Тамара Васильевна – старший преподаватель кафедры финансов и кредита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1977 г. Область научных интересов – риски предпринимательской деятельности, методы анализа и оценки рисков. E-mail: tara-v@mail.ru.

Вдовенко Марина Сергеевна – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончила Институт математики Сибирского федерального университета в 2008 г. Область научных интересов – параллельное программирование, вычислительная математика. E-mail: mail_malvina@mail.ru.

Веретнова Татьяна Анатольевна – старший преподаватель, заместитель декана технологического факультета Института цветных металлов и металловедения Сибирского федерального университета. Окончила Государственную академию цветных металлов и золота в 2001 г. Область научных интересов – теплофизика и теоретическая теплотехника. E-mail: veretnova@mail.ru.

Веселков Сергей Александрович – научный сотрудник Центра исследования космического пространства Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1989 г. Область научных интересов – астрономическая и космическая оптика. E-mail: veselkovsa@sibsau.ru.

Владимирова Ольга Николаевна – кандидат экономических наук, профессор, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Алтайский государственный университет в 1992 г. Область научных интересов – финансы и кредит. E-mail: olgav@akadem.ru.

Внукова Наталья Владимировна – редактор управления по связям с общественностью ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1999 г. Область научных интересов – организационно-экономические проблемы авиационно-космических комплексов. Тел. 8-297-647-50.

Волкова Марина Анатольевна – доцент кафедры экономической теории Института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 1999 г. Область научных интересов – проблемы повышения эффективности государственного управления, совершенствование механизма государственного управления региональной экономикой; процедуры оценки результативности деятельности органов государственной власти субъекта Федерации. E-mail: mariusm@krasmail.ru.

Волощук Константин Михайлович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – криптография и другие теоретические и прикладные вопросы информационной безопасности и защиты информации. E-mail: gateslogo@mail.ru.

Воронкович Владимир Зенонович – начальник 1653 военного представительства Министерства обороны Российской Федерации. Окончил Минское высшее инженерное зенитное ракетное училище ПВО в 1977 г. Область научных интересов – оптимизация процессов эксплуатации космической техники. E-mail: ila-mati@yandex.ru.

Гаврильченко Григорий Семенович – старший преподаватель Красноярского филиала Российского государственного социального университета. Окончил Сибир-

скую аэрокосмическую академию в 1995 г. Область научных интересов – экономическая теория. Тел. (391)211-31-06.

Гильц Надежда Евгеньевна – старший преподаватель кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов. E-mail: negilts@mail.ru

Горбенко Татьяна Ивановна – кандидат физико-математических наук, доцент Научно-исследовательского института прикладной математики и механики Томского государственного университета. Окончила Томский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – разработка рецептур и исследование горения высокоэнергетических систем, содержащих наноалюминий. E-mail: gorbenkoti@rambler.ru.

Горяшин Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – силовая электроника, преобразовательная техника, управление в нелинейных системах. E-mail: gorkoya@mail.ru.

Гостева Ольга Валерьевна – старший преподаватель кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию в 1987 г. Область научных интересов – проектный менеджмент. E-mail: Iuna77@mail.ru.

Гриценко Сергей Николаевич – старший преподаватель Сибирского федерального университета. Окончил Красноярское высшее командное училище радиоэлектроники в 1985 г. Область научных интересов – анализ надежности структурно-сложных систем. Тел. 8-908-010-2360.

Грязнова Олеся Александровна – ассистент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, контроллинг. Тел. 8-913-291-92-94.

Давыдов Алексей Дмитриевич – старший научный сотрудник Московского авиационного института. Окончил Московский авиационный институт в 1983 г. Область научных интересов – системный анализ, синергетика, техноценология, управление проектами. E-mail: srd5051@mai.ru.

Данильченко Юрий Витальевич – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой маркетинга Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1995 г. Область научных интересов – организационно-экономические проблемы авиационно-космических комплексов. E-mail: danilchenko@sibsau.ru.

Демченко Сергей Алексеевич – начальник отдела департамента городского хозяйства администрации города Красноярска. Окончил Новосибирский государственный университет в 1983 г. Область научных интересов – муниципальное управление. E-mail: dserie@akadem.ru.

Дзювина Анна Владимировна – инженер ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Политехнический институт Сибирского федерального университета в 2008 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные и веб-технологии. E-mail: anndzyu@mail.ru.

Доррер Георгий Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Ленинградский кораблестроительный институт в 1960 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: dorrer@akadem.ru.

Егорушкин Олег Игоревич – старший преподаватель кафедры математического моделирования и информатики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – теоретические основы информатики, теоретическое программирование. E-mail: safonovkv@rambler.ru.

Еремина Вера Александровна – аспирант Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончила Красноярский государственный технологический университет в 2000 г. Область научных интересов – исследование налоговых отношений, работа с налоговым законодательством, изучение налоговых споров, практика налогообложения. E-mail: esv007@yandex.ru.

Ерыгина Лилия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета заочного и дополнительного образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов в 1985 г. Область научных интересов – планирование и контроль, система контроллинга деятельности предприятий. E-mail: erigina@sibsau.ru.

Жданов Степан Александрович – ассистент финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – управление процессами инноваций. Тел. (391)291-92-280.

Желиховская Вера Викторовна – начальник отдела регионального развития края Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. Окончила Красноярский государственный университет в 1987 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: v_zhelihovskaya@mail.ru.

Завьялкин Андрей Николаевич – инженер-электроник регионального отдела информационного обеспечения Управления государственной инспекции безопасности дорожного движения по Красноярскому краю. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: symom@inbox.ru.

Замай Сергей Сергеевич – кандидат физико-математических наук, главный специалист отдела связи и информационных технологий Министерства транспорта и связи Красноярского края. Окончил Красноярский государственный университет в 1977 г. Область научных интересов – системный анализ, математическое моделирование, распределенные информационные системы, геоэкология и природопользование. E-mail: zamay@ats.krsnkr.ru.

Захаров Юрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Сибирского государственного технологического университета. Окончил Одесский государственный университет имени И. И. Мечникова в 1957 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. Тел. (391)268-10-38.

Захарова Светлана Витальевна – ассистент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, анализ и аудит. Тел. 8-913-291-92-94.

Зеленков Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – информационные технологии. E-mail: zelenkow@rambler.ru.

Зиненко Анна Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры финансов и кредита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – биржевые котировки, математическое моделирование экономических процессов. E-mail: anna-z@mail.ru.

Золотарева Галина Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: astra07@inbox.ru.

Иванов Борис Дмитриевич – доцент Якутского государственного университета имени М. К. Амосова. Окончил Казанский государственный университет в 1963 г. Область научных интересов – структура и физикохимия газовых гидратов, термодинамика и статическая физика, математическое моделирование. E-mail: bdivanov@yandex.ru.

Иванов Константин Яковлевич – аспирант кафедры прикладной механики Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2007 г. Область научных интересов – зубчатые передачи, редукторы, системы автоматического проектирования механических систем. E-mail: kukoch1985@yandex.ru.

Иванчура Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами. E-mail: eiapu@mail.ru.

Ильин Виктор Алексеевич – начальник отдела автоматизации Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию в 1993 г. Область научных интересов – информационные системы. E-mail: iva@kgtei.ru.

Иосифов Павел Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры испытания летательных аппаратов МАТИ – Российского государственного технологического университета имени К. Э. Циолковского. Окончил МАТИ – Российский государственный технологический университет имени академика К. Э. Циолковского в 1997 г. Область научных интересов – оптимизация процессов эксплуатации космической техники. E-mail: ila-mati@yandex.ru.

Исакова Варвара Владимировна – старший преподаватель кафедры технической физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. Тел. (391)262-2482.

Калинина Наталья Александровна – доцент кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский технологический институт в 1979 г. Область научных интересов – обучающие системы информационной безопасности. E-mail: kna@akadem.ru.

Калугин-Балашов Дмитрий Андреевич – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – теоретическая информатика. Тел. 8962-082-67-98.

Калягина Людмила Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры экономического анализа и статистики Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Калининский государственный университет в 1980 г. Область научных интересов – прогнозирование устойчивого развития агроэкономической системы. E-mail: evr17@mail.ru.

Капчинский Илья Аркадьевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – мультиверсионное программное обеспечение, надежность программных систем, методы и модели поддержки принятия решений. E-mail: ilya919@mail.ru.

Карасева Маргарита Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1990 г. и Сибирскую аэрокосмическую академию в 1999 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей. Тел. (391)291-91-41.

Касаткина Елена Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончила Новосибирский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – устройства СВЧ. E-mail: elkas@ngs.ru.

Квасов Алексей Сергеевич – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – программирование. Тел. (391)291-92-34.

Киреев Игорь Валерьевич – кандидат физико-математических наук, доцент, научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Московский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – математическое моделирование, механика. E-mail: kiv@icm.krasn.ru.

Климкин Олег Александрович – начальник сектора ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский институт автоматизации систем управления радионавигации в 1994 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные технологии. E-mail: klimkin@iss-reshetnev.ru.

Ковалев Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1985 г. Область научных интересов – отказоустойчивые программные архитектуры, мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений, мультилингвистические технологии обучения. E-mail: kovalev.fsu@mail.ru.

Ковалев Павел Владимирович – аспирант Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – надежность программного обеспечения. E-mail: pvkovalev@mail.ru.

Ковалева Ангелина Адольфовна – кандидат технических наук, доцент кафедры металловедения и термической обработки металлов Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончила Институт цветных металлов имени М. И. Калинина в 1972 г. Область научных интересов – упрочнение, сверхпластичность металлических материалов, разрушение, стружковые и композиционные материалы, драгоценные металлы. Тел. (391)213-32-86.

Ковалевский Артем Павлович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1992 г. Область научных интересов – прикладная теория вероятностей. E-mail: pandorra@ngs.ru.

Ковальский Болеслав Иванович – доктор технических наук, профессор Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1970 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Краева Екатерина Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – насосные агрегаты подачи малорасходных систем ракетоносителей. E-mail: katbelka@yandex.ru.

Крушенко Генрих Гаврилович – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнева. Окончил Омский машиностроительный институт в 1955 г. Область научных интересов – экономика научных исследований, нанотехнологии. E-mail: genry@icm.krasn.ru

Кузнецов Александр Алексеевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – компьютерное моделирование алгебраических систем. E-mail: alex_kuznetsov80@mail.ru.

Кукарцев Владислав Викторович – старший преподаватель Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – автоматизация управления, системный анализ. E-mail: vlad_2000@mail.ru.

Кулясов Евгений Викторович – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Тюменский государственный политехнический университет в 2004 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Тел. 8-905-827-3006.

Куприн Игорь Леонидович – кандидат экономических наук, профессор Московского авиационного института. Окончил Московский авиационный институт в 1968 г. Область научных интересов – системный анализ, синергетика, техноценология, управление проектами. E-mail: srd5051@mai.ru.

Лайков Алексей Николаевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский филиал Московского государственного университета экономики, статистики и информатики в 2006 г. Область научных интересов – мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений. Тел. 8-923-282-24-22.

Лапко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Фрунзенский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов, моделирование и оптимизация систем при неполной информации. E-mail: lapko@icm.krasn.ru.

Лапко Василий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой космических

средств и технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, моделирование систем, непараметрические коллективы решающих правил, распознавание образов. E-mail: lapko@icm. krasn.ru.

Латышенко Галина Ивановна – доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Иркутский политехнический институт в 1982 г. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: latyshenko59@mail.ru.

Легалов Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий научно-учебной лабораторией «Технологии программирования» Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – технология программирования, языки программирования и трансляторы, параллельное программирование, системы реального времени. E-mail: legalov@mail.ru

Ледяев Дмитрий Николаевич – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – системный анализ, многокритериальный анализ. E-mail: dlediyev@mail.com6.

Лелеков Александр Тимофеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию в 2002 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов, системы электропитания космических аппаратов. Тел. 8-902-965-96-06.

Лесков Виталий Олегович – аспирант Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный политехнический институт в 2007 г. Область научных интересов – информационные системы в обучении, модели данных и алгоритмы. E-mail: char1986@mail.ru.

Логачева Ирина Анатольевна – студент 4-го курса кафедры экономики финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – инвестиционная привлекательность российских предприятий. E-mail: revera@yandex.ru.

Лосев Василий Владимирович – аспирант, ассистент кафедры автоматизации производственных процессов Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – информационные технологии, системы управления базами данных, автоматизированные системы управления. E-mail: basilos@mail.ru.

Лукьянова Анна Александровна – доктор экономических наук, профессор, проректор по учебной работе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Новосибирский сельскохозяйственный институт в 1983 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством, региональная экономика. E-mail: lukianovaaa@sibsau.ru; dekanatfef@sibsau.ru.

Малинкин Виталий Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры многоканальной электрической связи и оптических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1975 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.su.

Малинкин Евгений Витальевич – инженер-исследователь Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2005 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.su.

Мальцева Татьяна Валерьевна – студент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – идентификация и моделирование, теория непараметрического оценивания. E-mail: nonparametric@mail.ru.

Малышева Наталья Николаевна – старший преподаватель Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – машиноведение, трение, износ и смазка. E-mail: nataly.nm@mail.ru.

Масич Игорь Сергеевич – кандидат физико-математических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – системный анализ, комбинаторная оптимизация, анализ данных. E-mail: i-masich@eandex.ru.

Метелица Артем Александрович – старший преподаватель кафедры подъемно-транспортных машин и роботов Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Миллер Екатерина Игоревна – начальник отдела анализа и прогнозирования социально-экономического развития края Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. Окончила Красноярский государственный университет в 1985 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: miller@con-krsk.ru.

Милосердов Евгений Евгеньевич – аспирант кафедры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2000 г. Область научных интересов – моделирование процессов теплоэнергетики. E-mail: miloserdovee@kf.sibserv.com.

Минеев Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор Сибирского федерального университета.

Окончил Сибирский государственный технологический университет в 1970 г. Область научных интересов – моделирование процессов теплоэнергетики. Тел. (391)249-82-53.

Митасов Игорь Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Новосибирский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем. E-mail: mitasovI@rambler.ru.

Михалев Герман Семенович – доктор экономических наук, профессор кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – методология исследований и разработка хозяйственных систем. Тел. 8-903-920-10-56.

Москвин Антон Иванович – аспирант кафедры физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – физика магнитных явлений, моделирование методик Монте-Карло. E-mail: anton.moskvin@mail.ru.

Мукоед Леонид Мартьянович – кандидат экономических наук, профессор финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1966 г., Сибирский технологический институт в 1980 г. Область научных интересов – управление процессами инноваций. Тел. (391)291-92-80.

Нагаева Ольга Сергеевна – младший научный сотрудник Красноярского отдела Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 1999 г. Область научных интересов – региональная экономика, экономика природопользования, инвестиционный анализ. E-mail: ecpro@mail.ru.

Никулин Николай Анатольевич – аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – многофазный линейный асинхронный двигатель с поперечным потоком. E-mail: nik_nick@mail.ru.

Оболонин Иван Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1979 г. Область научных интересов – звуковое вещание, аудиотехника. E-mail: oinandein@mail.ru.

Оборина Людмила Ивановна – инженер-менеджер фирмы «Союз». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2001 г. Область научных интересов – менеджмент качества, технологическое обеспечение качества. Тел. (391)220-94-56.

Однокурцев Константин Андреевич – аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – автоматизация технологической подготовки сборочного производства в самолетостроении. E-mail: kodn82@gmail.com.

Окладникова Нина Васильевна – ведущий инженер-металловед ООО «Литейно-механический завод „СКАД“». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1978 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительной отраслях. E-mail: onv@skad.ru.

Островских Татьяна Илларионовна – старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский педагогический институт в 1987 г. Область научных интересов – совершенствование механизма управления инвестиционными процессами. E-mail: t.ostrovskih@mail.ru.

Охоткин Кирилл Германович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики, начальник научно-инновационного управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – физика конденсированного состояния, механика деформируемого твердого тела, устойчивость систем. E-mail: okg@sibsau.ru.

Павлов Иван Иванович – инженер эксплуатации базовых станций ЗАО «Собиком-Новосибирск». Окончил Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2007 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Тел. 8-383-2620-776.

Пацук Ольга Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский технологический институт в 1993 г. Область научных интересов – региональная экономика, управление территориями. E-mail: pasuk@sibsau.ru.

Перебоева Августа Алексеевна – кандидат технических наук, доцент Института химии, металлургии и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1969 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительных отраслях. Тел. 8-950-996-40-28.

Перов Геннадий Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Воронежский государственный университет в 1974 г. Область научных интересов – моделирование электронных процессов в компонентах интегральных микросхем. E-mail: mef@ngs.ru.

Петрова Наталья Ивановна – инженер-программист кафедры информационных технологий и математического моделирования Красноярского государственного

торгово-экономического института. Окончила Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – информационные системы, прикладная статистика. E-mail: itmm@kgtei.ru.

Пискунова Наталья Ивановна – кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный университет в 2004 г. Область научных интересов – физика магнитных явлений, моделирование. E-mail: light_mylife@mail.ru.

Победаш Павел Николаевич – кандидат физико-математических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – математическая экономика, теория оптимизации. Тел. 8-905-511-78-95.

Попов Анатолий Анатольевич – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: popov@bms.krasnoyarsk.ru.

Поподько Галина Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Красноярского отдела Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Новосибирский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – социально-экономическое развитие теории, уровень жизни, трудовые ресурсы, механизмы инновационного развития страны и региона. E-mail: pgi90@bk.ru.

Прохоров Виктор Владимирович – доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский институт цветных металлов в 1983 г., Красноярский государственный университет в 1993 и 1999 гг. Область научных интересов – реальные и финансовые инвестиции. E-mail: kfnaufor@pop3.kts.ru.

Пыжикова Наталья Ивановна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономического анализа и статистики Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский сельскохозяйственный институт в 1988 г. Область научных интересов – эффективность агропромышленного комплекса. E-mail: pyzhikova@krasagro.ru.

Рагозина Марина Алексеевна – старший преподаватель кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов имени М. И. Калинина в 1988 г. Область научных интересов – инновационный менеджмент, организация производства на предприятиях отрасли. E-mail: ragfil@mail.ru.

Ремизов Игорь Анатольевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской и биологической физики Красноярского государственного медицинского университета. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического университета в 1978 г. Область научных интересов – физика твердого тела. Тел. (391)221-74-72.

Решетникова Светлана Николаевна – заведующая методическим кабинетом при диссертационных советах Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1980 г. Область научных интересов – повышение физико-механических характеристик сплавов при производстве деталей силовых установок. E-mail: rsn@Sibsau.ru.

Робозов Сергей Алексеевич – младший научный сотрудник, начальник отдела информационных систем регионального и муниципального управления ООО «Торинс». Окончил Красноярский политехнический университет в 2001 г. Область научных интересов – региональная экономика, стратегическое планирование и управление, системный анализ, экономико-математическое моделирование. E-mail: bm@torins.ru.

Рыговская Наталья Анатольевна – аспирант Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончила Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики в 2008 г. Область научных интересов – звукотехника, звуковое вещание, аудиотехника. E-mail: n.rygovskaya@vgroup.ru.

Рябищук Ирина Владимировна – аспирант финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008. Область научных интересов – инновационная и региональная экономика. E-mail: saxarok_13@mail.ru.

Садовская Оксана Викторовна – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный университет в 1997 г. Область научных интересов – параллельные вычисления, механика. E-mail: o_sadov@icm.krasn.ru.

Садовский Владимир Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – математическое моделирование. E-mail: sadov@icm.krasn.ru.

Саренков Александр Валерьевич – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов, гибридные алгоритмы. E-mail: saav85@inbox.ru.

Сафонов Константин Владимирович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой прикладной математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – многомерный комплексный анализ и его приложения, фундаментальная информатика. Тел. 8-902-910-33-84.

Сединин Валерий Иванович – заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1973 г. Область научных интересов – применение мультимедийных технологий в сервисе телекоммуникаций. E-mail: sedvi@bk.ru.

Селиванова Марина Анатольевна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский филиал Московского экономического института в 2007 г. Область научных интересов – прикладная информатика, лингводидактика, информационные технологии адаптивного обучения.

Семенкин Евгений Станиславович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация сложных систем, интеллектуальный анализ данных, эволюционные алгоритмы. E-mail: saor_semenkin@sibsau.ru.

Сенашов Сергей Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-экономических наук Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – механика твердого тела, математическое моделирование в экономике. E-mail: sen@sibsau.ru.

Сергиенко Роман Борисович – студент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, лауреат стипендии Президента РФ, победитель конкурса по программе У.М.Н.И.К. Область научных интересов – моделирование и оптимизация сложных систем, интеллектуальные информационные технологии, коэволюционные алгоритмы. Тел. (391)291-91-41.

Скворцова Вера Андреевна – инженер деканата финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – экономика и управление народным хозяйством: теория управления экономическими системами. E-mail: skvortsova@sibsau.ru.

Скориков Валентин Сергеевич – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем, надежность программного обеспечения. E-mail: vale-skorikov@mail.ru.

Степанов Владимир Васильевич – начальник отдела эксплуатации производственно-технического управления ОАО «Шестая объединенная генерирующая компания». Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – диагностика металлоизделий. E-mail: vstepanov@iap.ogk6.ru.

Стерехов Игорь Владимирович – инженер-механик ОАО «Хакасэнерго». Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества. Тел. (391) 291-92-14.

Ступина Алена Александровна – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1995 г. Область научных интересов – системный анализ. E-mail: saa5@yandex.ru.

Стюгин Михаил Андреевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – информационная безопасность, рефлексивный анализ конфликтов, теория игр. Тел. (391)291-91-41.

Суханов Владимир Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического проектирования Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – исследование многофазных машиновентильных систем. Тел. (391) 249-56-23.

Сысенко Кирилл Владимирович – аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – моделирование систем. E-mail: kirillfait@mail.ru.

Тестоедов Николай Алексеевич – доктор технических наук, генеральный конструктор, генеральный директор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский военно-механический институт в 1974 г. Область научных интересов – проектирование космических аппаратов и космических систем. Тел. 8(391-97) 264-529.

Товбис Елена Михайловна – старший преподаватель кафедры информационных технологий Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2005 г. Область научных интересов – программная поддержка образовательного процесса, технологии разработки программных комплексов, анализ педагогических данных. E-mail: sibstu2006@rambler.ru.

Третьякова Людмила Павловна – технолог ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1988 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли. Тел. 8-923-294-6-68.

Трифанов Иван Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов –

технология производства летательных аппаратов и технологическое обеспечение качества изделий машиностроения. Тел. 8(391)91-92-14.

Трифанова Татьяна Александровна – инженер ОАО «Красмаш». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества и надежности изделий. Тел. 8(391)291-92-14.

Туровец Денис Геннадьевич – аспирант кафедры международного бизнеса, младший научный сотрудник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – маркетинг, менеджмент, региональная экономика. E mail: denik2008@sidsau.ru.

Тюнягин Денис Вячеславович – инженер-конструктор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – космическое проектирование. E-mail: dtv.krasnoyarsk@mail.ru.

Фаворская Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Рыбинский авиационный технологический институт в 1980 г. Область научных интересов – искусственный интеллект, распознавание образов, обработка и распознавание изображений. E-mail: favorskaya@sibsau.ru.

Федоренко Илья Владимирович – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 1994 г. Область научных интересов – бухгалтерский учет, аудит, налогообложение. E-mail: fedorenko2@mail.ru.

Фонина Татьяна Александровна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила магистратуру Сибирского государственного университета имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – информационные технологии адаптивного обучения иностранной терминологической лексике.

Хамитов Рустам Нуриманович – кандидат технических наук, доцент Омского государственного технического университета. Окончил Омский политехнический институт в 1984 г. Область научных интересов – виброзащитные устройства с управляемыми пневмоамортизаторами. E-mail: apple_27@mail.ru.

Химин Евгений Борисович – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 1988 г. Область научных интересов – подготовка кадров (народное хозяйство). E-mail: ekhimin@yandex.ru.

Хохлов Аркадий Пантелеймонович – ведущий инженер Российского государственного гуманитарного университета (филиал г. Красноярска). Окончил Красноярский политехнический институт в 1992 г. Область научных интересов – информационные технологии, обработка информации. E-mail: info@kras-rggu.ru.

Цуканов Александр Владимирович – технический директор ООО «Маркет-строй». Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – электрофизическая обработка металлов. Тел. 8-902-913-64-78.

Чалкин Тимур Александрович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – криптография и другие теоретические и прикладные вопросы информационной безопасности и защиты информации. E-mail: booroo@rambler.ru.

Черепанова Ольга Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математического анализа и дифференциальных уравнений Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – уравнения в частных производных, обратные задачи. E-mail: cheronik@mail.ru.

Чимитов Павел Евгеньевич – аспирант кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники факультета транспортных систем Иркутского государственного технического университета. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – технологическая подготовка сборочного производства в самолетостроении. E-mail: proteus1982@mail.ru.

Шапарев Николай Якимович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Томский университет в 1966 г. Область научных интересов – природопользование, экономика и физика. E-mail: schaparev@icm.krasn.ru.

Шевелева Регина Николаевна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет в 2003 г. Область научных интересов – региональная экономика, региональное развитие. E-mail: 23regina@ravdler.ru.

Шестаков Иван Яковлевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электронной техники и телекоммуникаций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – теплофизика и теоретическая теплотехника. Тел. (391)262-27-80.

Шестернева Олеся Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – идентификация и моделирование, теория непараметрического оценивания, методы теории автоматизированного управления. E-mail: saor--_shesterneva@sibsau.ru.

Ширяева Тамара Алексеевна – кандидат физико-математических наук, доцент Красноярского государствен-

ного аграрного университета. Окончила Иркутский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – теория вероятностей, математическая статистика. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

Шишов Владимир Валерьевич – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и математического моделирования Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончил Красноярский государственный университет в 1993 г. Область научных интересов – прикладная статистика, информационные системы, дендроклиматология. E-mail: schishov@forest.akadem.ru.

Шлепкин Анатолий Константинович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой прикладной математики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – теория групп. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

Шпак Анастасия Сергеевна – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2006 г. Область научных интересов – экономическая безопасность, региональная экономика, промышленная и торговая политика. E-mail: shpak@sibsau.ru.

Шукшина Екатерина Евгеньевна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 2003 г. Область научных интересов – информационные системы в обучении, модели данных и алгоритмы. E-mail: katerok2000@mail.ru.

Югай Александр Яковлевич – аспирант Института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил государственный университет цветных металлов и золота в 2006 г. Область научных интересов – оптимизация сложных экономических систем. E-mail: yugais @rambler.ru.

Юткин Александр Владимирович – инженер-программист ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – проектирование радиоэлектронной аппаратуры, информационные технологии. E-mail: rampa56@mail.ru.

Якименко Ольга Николаевна – старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента филиала Сибирского федерального университета в городе Зеленогорске. Окончила Красноярский государственный университет в 1984 г., Кемеровский государственный университет в 2001 г.. Область научных интересов – экономика и маркетинг медицинских услуг. E-mail: dmytry238@rambler.ru.

Яшкин Валерий Игоревич – студент 4-го курса финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: yakov.mail@rambler.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ 215

Крушенко Г. Г., Решетникова С. Н. Жаропрочные сплавы и некоторые технологии в аэрокосмическом машиностроении 216
Чимитов П. Е. Построение последовательности сборки планера самолета на основе образа изделия 218
Степанов В. В., Крушенко Г. Г. Опыт применения модели состояния трубопровода высокого давления для оптимизации технического обслуживания 223
Метелица А. А., Ковальский Б. И., Безбородов Ю. Н., Малышева Н. Н. Влияние металлов на процессы самоорганизации в смазочных материалах 226
Браверман В. Я., Белозерцев В. С. Анализ динамических характеристик феррозондового датчика стыка свариваемых деталей 229
Ахатов Р. Х., Однокурцев К. А. Формализованный метод выбора и анализа сборочных баз в самолетостроении 232
Крушенко Г. Г. Определение коэффициента линейного расширения алюминиево-кремниевых сплавов 237
Богданова Т. А., Перебоева А. А., Третьякова Л. П., Окладникова Н. В. Исследование структуры и свойств штамповых инструментальных сталей 239
Веретнова Т. А., Шестаков И. Я., Цуканов А. В., Ковалева А. А., Ремизов И. А. Исследование влияния теплообменных процессов на удельные энергозатраты при электроконтактной резке металла 241
Браверман В. Я., Белозерцев В. С., Горяшин Н. Н., Лелеков А. Т. Математические модели процессов изменения рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка при электронно-лучевой сварке 247
Иванов К. Я. Оптимизация основных параметров коническо-цилиндрического редуктора 251
Минеев А. В., Милосердов Е. Е. Некоторые базовые соотношения моделирования основных приводов роторного экскаватора 253
Лосев В. В. Преимущества OLTP-ориентированных приложений при проектировании распределенных автоматизированных систем управления технологическими процессами 255

РАЗДЕЛ 4. ЭКОНОМИКА 259

Куприн И. Л., Давыдов А. Д. Системоэкономическая концепция модульной стратегии развития высокотехнологичных комплексов как магистральный выход на формирование контуров технологии прорывного развития систем 260
Калягина Л. В. Устойчивое развитие агроэкономической системы: сущность, термины и понятия 264
Мукоед Л. М., Жданов С. А. Факторы инновационного климата, влияющие на привлечение инновационных технологий в районы нового освоения 270
Беляков Г. П., Ерыгина Л. В. Теоретические положения и инструментарий оценки влияния реструктуризации на величину инновационного потенциала предприятий ракетно-космической промышленности 275
Островских Т. И. Управление инвестиционными рисками 280
Ерыгина Л. В., Максимов С. А. Система контроллинга на предприятиях ракетно-космической промышленности: основные элементы 285
Кукарцев В. В. Программная реализация процесса воспроизводства основных производственных фондов 288
Владимирова О. Н. Источники финансирования инноваций: тенденции и перспективы 292
Гостева О. В. Оценка эффективности работы команды проекта 296
Рябищук И. В., Лукьянова А. А. Определение инновационного потенциала как фактора эффективности производства 300

Золотарева Г. И., Грязнова О. А., Захарова С. В. Инновационное развитие предприятий ракетно-космической отрасли в условиях рынка 303
Ерыгина Л. В. Концепция сбалансированной системы показателей в методологии стратегического контроллинга 307
Пацук О. В. Социально-экономическое развитие регионов мира 313
Еремина В. А. Эволюция теории налоговых отношений на различных этапах социально-экономического устройства общества 319
Нагаева О. С., Шапарев Н. Я. Система платежей за природные ресурсы для устойчивого развития сырьевой территории 324
Туровец Д. Г., Белякова Г. Я. Формирование интегрированной структуры в пищевой промышленности 328
Прохоров В. В. Методические инструменты оценки и прогнозирования публичного заемного капитала для инвестиционной деятельности промышленного предприятия 333
Замай С. С. Методология системного анализа и проектирования информационных систем мониторинга и планирования регионального развития 338
Замай С. С., Желиховская В. В., Миллер Е. И., Робозов С. А. Общие требования к проекту создания информационной системы мониторинга и планирования социально-экономического развития Красноярского края 343
Батукова Л. Р. Национальный рынок капитала как фактор корпоративного развития 349
Баранкина Т. А., Якименко О. Н. Особенности формирования локального рынка медицинских услуг 354
Поподько Г. И., Нагаева О. С. Оценка социально-экономических последствий освоения нефтегазовых ресурсов северных районов Красноярского края 360
Шевелева Р. Н. Системный подход как основа разработки методов и инструментов государственного регулирования регионального развития 364
Аникина Ю. А. Организационные аспекты управления жилищно-коммунальным развитием административно-территориальных единиц в городской агломерации 368
Федоренко И. В., Золотарева Г. И. Проблемы стандартизации аудита 374
Беляков Г. П., Химин Е. Б. Проблемы системы экономических отношений в профессиональном образовании 377
Химин Е. Б. Экономическое обеспечение государственных образовательных стандартов профессионального образования 382
Внукова Н. В., Данильченко Ю. В. Специфика маркетинговых коммуникаций предприятий космической отрасли 387
Антамошкин А. Н., Антамошкина Е. А. Интервальная оценка риска портфеля инновационных проектов 392
Гаврильченко Г. С. Сбалансированность товарных и денежных потоков социально-рыночной экономики 393
Ващенко Т. В., Зиненко А. В. Учет внешних рисков при прогнозировании банкротства 397
Шпак А. С. Гармонизация торговой и промышленной политики с учетом экономической безопасности 399
Бойко А. А., Бахмарева Н. В. Проблемы управления воспроизводством основных производственных фондов на машиностроительных предприятиях 403
Рагозина М. А. Понятия производственного потенциала и производственной мощности промышленного предприятия в рыночной экономике 407
Гильц Н. Е. Методические подходы к мониторингу производственно-сбытовой деятельности промышленного предприятия 412
Михалев Г. С., Скворцова В. А. Совершенствование системы управления промышленного предприятия на основе механизмов адаптации 417
Анищенко Ю. А., Логачева И. А. Сравнительный анализ подходов к оценке инвестиционной привлекательности предприятий 422
Демченко С. А. Ранговый анализ объемов потребления электрической энергии муниципальных учреждений 428
Ступина А. А., Югай А. Я. Оптимизация кредитного портфеля на основе повышения согласованности срочной структуры активов-пассивов коммерческого банка 432
Волкова М. А. Оценка эффективности механизма государственного управления экономикой региона в сфере поддержки малого бизнеса 438

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 443

CONTENTS

PART 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS 215

Krushenko G. G., Reshetnikova S. N. The heat-resistant alloys and some technology in aerospace industry 216
Chimitov P. E. The airframe's assembly sequence planning used an item images 218
Stepanov V. V., Krushenko G. G. Pattern of high-pressure pipe-line working condition usage for technical service optimization 223
Metelitsa A. A., Kovalski B. I., Bezborodov Yu. N., Malysheva N. N. Catalytic influence of metals on self-organizing processes in lubricants 226
Braverman V. Ya., Belozertsev V. S. Dynamic characteristics analysis of the flux gate sensor of joint welding parts 229
Ahatov R. Kh., Odnokurtsev K. A. Formalized method of assembly datum surfaces selection and analysis in aircraft construction 232
Krushenko G. G. Foundation of the linear expansion coefficient of aluminum-silicon alloys 237
Bogdanova T. A., Pereboeva A. A., Tretyakova L. P., Okladnikova N. V. Investigation of the structure and properties of the die tool steel 239
Veretnova T. A., Shestakov I. Ya., Cukanov A. V., Kovaleva A. A., Remizov I. A. Investigation of heat exchange effection on the specific outlay when electro contact metal cutting 241
Braverman V. Ya., Belozertsev V. S., Goryashin N. N., Lelekov A .T. Mathematical models for the process of changing the x-ray radiation from the beam position relatively the seam during the electron beam weldin) 247
Ivanov K. Ya. Optimization of the basic parameters of a conical-cylindrical reducer 251
Mineev A. V., Miloserdov E. E. Some base relations for modelling main rotary trencher drives 253
Losev V. V. Advantages of OLTP-oriented applications in the design of distributed automated control systems of technological processes 255

PART 4. ECONOMICS 259

Kuprin I. L., Davydov A. D. System and economic concept of the module strategy of the high-tech complexes development as highway for creating technological contour of the breakthrough systems development 260
Kalyagina L. V. Steady development of the agro-economic system: essence, terms and concepts 264
Mukoed L. M., Zhdanov S. A. Factors of innovative climate promoting and interfering the attraction of innovative technologies in areas of new development 270
Belyakov G. P., Erygina L. V. Theoretical regulations and the tooling of assessment of influence of conversion on innovation potential of enterprises of space-rocket industry 275
Ostrovskih T. I. Management of investment risks 280
Erygina L. V., Maksimov S. A. System of controlling at the enterprises of the space-rocket industry: basic elements 285
Kukartsev V. V. Process programm realization of the capital stock reproduction 288
Vladimirova O. N. Sources of innovation financing: tendencies and prospects of application 292
Gosteva O. V. Effectiveness assessment of project team work 296
Ryabishchuk I. V., Lukyanova A. A. Concept of innovative potential as a production efficiency factor 300
Zolotareva G. I., Gryaznova O. A., Zaharova S. V. Innovative development of rocket space enterprises branch in market conditions 303
Erygina L. V. Balanced scorecard concept in strategic controlling methodology 307
Patsuk O. V. Social and economic development of the world's regions 313
Eremina V. A. The theory evolution of the tax relations at different stages of social and economic structure of the society 319

Nagaeva O. S., Shaparev N. Ya. The system of payments on natural resources for the sustainable development of resource territory 324
Turovets D. G., Belyakova G. Ya. Formation of integration structure in food industry 328
Prokhorov V. V. Methodical tools and forecasting of public borrowed capital evaluation and forecasting for investment activity of the industrial enterprise 333
Zamay S. S. Methodology of systems analysis and projecting information monitoring systems and planning of regional development 338
Zamay S. S., Zhelikhovskaya V. V., Miller E. I., Robozov S. A. General requirements for the project of making information monitoring and planning system of social and economic development of krasnoyarsk territory 343
Batukova L. R. National capital market as a factor of firm development 349
Barankina T. A., Yakimenko O. N. Features of local market medical services formation 354
Popodko G. I., Nagaeva O. S. Estimation of the social and ecomomic consequences of oil-gas resources development for the northen regions of Krasnoyarsk territory 360
Shevelyova R. N. System approach as a basis of methods and instruments working out of governmental regulation for regional development 364
Anikina Yu. A. Organizational aspects of housing-and-municipal development management of administrative and territorial units in city agglomeration 368
Fedorenko I. V., Zolotareva G. I. On standardization problems of audit 374
Belyakov G. P., Khimin E. B. Problems of the economic reations system in vocational training 377
Khimin E. B. Economic ensuring of state educational standards in vocational training 382
Vnucova N. V., Danilchenko Yu. V. Specific character of marketing communications in enterprises of space branch 387
Antamoshkin A. N., Antamoshkina E. A. Interval estimate of innovative projects portfolio risk 392
Gavrilchenko G. S. Balance between goods and money flows in social and market economy 393
Vashenko T. V., Zinenko A. V. Making prognoses of bankruptcy taking into account outer risks 397
Shpak A. S. Harmonization of trade and industrial policy taking into account economic safety 399
Boiko A. A., Bahmareva N. V. Management problems of basic production assets reproduction at the machine-building enterprises 403
Ragozina M. A. Concepts of industrial potential and capacity of the industrial enterprise of market economy 407
Gilts N. E. Methodical approaches for monitoring industrial and marketing activity of the industrial enterprise 412
Mihalev G. S., Skvortsova V. A. Management system perfection of the industrial enterprise on the basis of adaptation mechanisms 417
Anischenko Ju. A., Logacheva I. A. Comparative analysis of approaches to the estimation of the enterprises investment appeal 422
Demchenko S. A. Rang analysis of electric energy consumption values in municipal institutions 428
Stupina A. A., Jugay A. Ya. Optimisation in establishing of a credit portfolio formation based on conformity of urgent active-passive structure of the commercial bank 432
Volkova M. A. Evaluation of public administration mechanism efficiency in managing regional economy in the sphere of small business support 438

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 443

Приложение № 2
к Положению № 63/74 от 15.03.06
о журнале «Вестник СибГАУ»

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИКЕ СИБГАУ»

Общие требования. Тексты статей представляются в редакцию журнала в электронном и печатном виде на русском языке с английским переводом в конце статьи фамилии автора(ов), названия статьи, аннотации и ключевых слов. Файл со статьей представляется на любом электронном носителе.

На последней странице ставится подпись автора(ов) статьи. Количество авторов одной статьи – не более пяти. Автор имеет право публиковаться в выпуске один раз, второй раз – в соавторстве.

Индекс УДК предшествует названию статьи, соответствует заявленной теме и проставляется в верхнем левом углу листа.

Оригинал должен быть чистым, не помятым, без правок, вписанных от руки. Страницы нумеруются карандашом на обороте.

Электронная копия. Статья набирается в программе Microsoft Word.

Содержание. В статье необходимо сформулировать проблемы, отразить объект исследования, достигнутый уровень процесса исследования, новизну результатов, область их применения.

Статья должна заканчиваться выводом. Текст вывода набирается отдельным абзацем (абзацами), в котором акцентируется новизна результатов, эффективность их использования и др.

Объем статьи: 7–8 страниц (включая рисунки, таблицы и библиографический список).

Параметры страницы. Формат А4 (210×297). Поля: правое и левое – 2 см., верхнее и нижнее – 2,5 см.

Текст. Шрифт – Times New Roman, размер 12 пт.

По центру набираются инициалы, фамилия автора(ов).

Не допускается (!) в тексте статьи набирать текст прописными (заглавными) буквами, жирным шрифтом или курсивом, а также размещать все указанные элементы в рамках и имитировать оформления набора, выполняемого в журнале.

Ниже по центру шрифтом 12 пт печатается название статьи и через строку (курсивом) – аннотация, ключевые слова (не более 6).

Основной текст статьи размещается через пробел от аннотации. Межстрочный интервал – одинарный, межбуквенный и междусловный интервал – нормальный, перенос слов не допускается. Заголовки должны быть центрированы.

Абзацный отступ равен 0,5 см.

Ссылки на литературные или иные источники оформляются числами, заключенными в квадратные скобки, например [1]. Ссылки должны быть последовательно пронумерованы.

***Примечания*:** 1. Смысловые пояснения основного текста или дополнения к нему оформляются в виде внутритекстовых примечаний среди строк основного текста специальной рубрикой, выделенной светлым курсивом: *Примечание*: (одно примечание), *Примечания*: (несколько примечаний). Отделяются от текста *точкой* (если стоят в единственном числе в подбор к тексту примечания).

Примечания должны быть последовательно пронумерованы.

2. При наличии гранта ссылка на грант помещается внизу полосы под строками основного текста (подстрочное примечание).

Формулы. Простые внутристрочные и однострочные формулы должны быть набраны без использования специальных редакторов – символами (шрифт Symbol). Специальные сложные символы, а также многострочные формулы, которые не могут быть набраны обычным образом, должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. Набор математических формул в пределах всего текста должен быть единообразен:

– русские и греческие символы – прямым шрифтом;
– латинские – курсивом;
– размер обычного символа – 12 пт;
– крупный индекс – 10 пт;
– мелкий индекс – 9 пт;
– крупный символ – 11 пт;
– мелкий символ – 10 пт.

Формулы, набранные отдельными строками, располагают по центру.

Не допускается (!) набор в основном тексте статьи простых латинских, греческих или специальных символов в редакторе формул.

Таблицы должны быть последовательно пронумерованы. Слово «таблица» набирается светлым курсивом с выравниванием вправо, шрифтом 11, например *Таблица 1*, ниже – заглавие таблицы (набирается жирным шрифтом по центру). Если таблица имеет большой объем, то она может быть помещена на отдельной странице, а в том случае, когда она имеет значительную ширину, – на странице с альбомной ориентацией.

Иллюстрации. Оформляются отдельным файлом с расширением tiff. Последовательно пронумеровываются обычным шрифтом без кавычек с выравниванием по центру, например, Рис. 1. Могут содержать подрисуночную подпись, шрифтом 11 пт. Иллюстрации могут быть сканированы с оригинала (в градациях серого с разрешением 150 dpi) или выполнены средствами компьютерной графики. Не принимаются цветные иллюстрации или иллюстрации с разрешением 300 dpi и более.

Библиографический список составляется в соответствии с действующими требованиями к библиографическому описанию и помещается после основного текста (ГОСТ 7.1–2003).

Текст на английском языке (в русскоязычной версии) приводится в конце статьи и включает перевод заглавия статьи, фамилию автора(ов), аннотацию и ключевые слова (не более 6).

К печатному варианту статьи необходимо приложить:

1. Экспертное заключение о возможности открытой публикации.

2. Сведения об авторе(ах):

– фамилия, имя, отчество (полностью);
– ученая степень, звание, должность;
– вуз, год его окончания;
– область научных интересов;
– место работы, номер телефона;
– адрес для переписки (для иногородних);
– e-mail.

ВНИМАНИЕ! Материалы статьи авторы сдают лично секретарю журнала или высылают почтой с указанием обратного адреса. Электронной почтой статьи не принимаются.

Статьи рецензируются. Отклоненные материалы не возвращаются

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.