ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 1 (22)
В 2 частях. Часть 2

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. А. Охорзин
С. И. Сенашов
В. Г. Сомов
В. В. Москвичев
К. Г. Охоткин (отв. секретарь)

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
Редактор английского текста М. В. Карасева
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 07.04.2009. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 16,2.
Уч.-изд. л. 28,5. Тираж 1000 экз. Заказ 87/46. С 25/9.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31, П-415.
Отпечатано в типографии ИП Суховольская Ю.П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

УДК 681.325.5

В. В. Шайдуров, О. В. Непомнящий, Е. А. Вейсов

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА С ЦЕЛЬЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ СКАНИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрены методы расчета ультразвуковых преобразователей. Предложена математическая модель ультразвукового преобразователя для сканирования высокотемпературных изделий. Даны практические рекомендации по реализации микропроцессорной системы ультразвукового сканирования этих изделий.

Ключевые слова: ультразвук, модель, микропроцессор, датчик.

Выбор преобразователя сигнала для любой системы сбора и обработки информации имеет большое значение, особенно в случае ультразвукового неразрушающего контроля, когда преобразователь является одним из основных компонентов системы.

Особое внимание при выборе преобразователя следует уделить условиям контроля, в первую очередь свойствам материала и условиям контакта преобразователя с объектом контроля [1].

Не менее важным является и выбор конфигурации преобразователя, когда выбирают между фокусирующими преобразователями и преобразователями со сменными защитными насадками, защищающими рабочую поверхность, или рассматривают различные разновидности этих преобразователей. При этом важно, чтобы преобразователь имел требуемую частоту, соответствовал измеряемому материалу и имел правильный размер активного элемента.

Особую сложность вызывает ультразвуковое сканирование высокотемпературных изделий, поскольку с повышением температуры в исследуемом объекте происходит искажение распространения звуковых волн. Разрушение преобразователя имеет место и при контакте с поверхностью, нагретой более 50 °С [2].

В качестве примера построения модели излучателя рассмотрим ультразвуковое исследование нагретого до 300 °С стального образца (сталь 4340), имеющего толщину до 200 мм.

В общем случае под ультразвуком понимают излучение на частоте выше 20 кГц, однако при ультразвуковом исследовании используют диапазон от 100 кГц до 50 мГц. Частоту излучения определяют как

$$f = \frac{1}{T}, \qquad (1)$$

где f – частота; T – период незатухающей волны.

Скорость распространения звука в полностью упругом материале при одной температуре и давлении постоянна:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \ \lambda = cT, \qquad (2)$$

где λ – длина волны; c – скорость звука в материале; f – частота; T – период.

Для определения частоты излучателя воспользуемся табличными данными (табл. 1). Однако изначально следует определить характер излучаемой волны (продольная или поперечная). При ультразвуковом исследовании используются и продольные, и поперечные волны, а также в специальных случаях – поверхностные (релеевские) и плоские волны (волны Лэмба).

Чем меньше длина волны, тем больше на нее влияет среда распространения, и поэтому при анализе материалов используется максимально допустимая для данного материала частота.

Известно [3], что при применении для ультразвукового исследования поперечной волны чувствительность к мелким дефектам повышается, а затухание с расстоянием увеличивается, следовательно в случае измерения толщины требуется применение излучателя продольной волны, который менее чувствителен к мелким дефектам и имеет меньший коэффициент затухания.

Таким образом, используя соотношения (1) и (2) и рассматривая единичную волну (приняв $\lambda = 1$), для исследования стали 4340 получаем частоту излучателя продольной волны порядка 5…6 мГц.

При проведении ультразвукового исследования измеряются две величины: время пролета (время прохождения ультразвуковой волны через материал) и амплитуда принятого сигнала. Эти параметры определены следующим соотношением:

$$T = \frac{ct}{2}, \qquad (3)$$

где T – толщина материала; c – скорость звука в материале; t – время пролета. Используя это соотношение, рассчитаем время пролета для стального бруска толщиной 200 мм. Оно составит 0,001 с.

Для измерения плотности материала по величине затухания или для выявления дефектов используют данные об относительном изменении амплитуды сигнала, которое выражают в децибелах и определяют логарифмически исходя из соотношения двух сигналов:

$$dB = 20\log_{10}\left(\frac{A_1}{A_2}\right), \qquad (4)$$

где dB – децибелы; A_1 – амплитуда первого сигнала; A_2 – амплитуда второго сигнала.

Примеры коэффициента ослабления сигнала для различных соотношений $\frac{A_1}{A_2}$ приведены в табл. 2.

Основываясь на вышеизложенном, с целью уточнения результатов сделаем дополнительные расчеты частоты используемого излучателя.

При проведении ультразвукового сканирования получена следующая форма волны (рис. 1) [4].

Форма волны датчика и спектральный анализ выполняются в соответствии с определениями и условиями проведения теста ASTM E1065. Обычно для частотного анализа в качестве единиц измерения используются мегагерцы, для анализа формы волны – микросекунды и для определения пика амплитуды – децибелы [1].

Рассмотрим пик частоты прохождения ультразвука в исследуемом материале. С увеличением частоты амплитуда выходного сигнала растет. Здесь следует обратить внимание на верхний и нижний пределы частоты. При достижении нижнего предела коэффициент ослабления становится равным 2, т. е. мы имеем 6-децибеловый сигнал (рис. 2). При достижении верхнего предела коэффициент начинает монотонно падать. Таким образом, нас интересует только этот 6-децибеловый диапазон.

Известно соотношение между мегагерцевой полосой пропускания и длительностью прохождения волны (рис. 3) [1]. В этом соотношении разброс на –40дБ больше, так как 1%-й задний конец формы волны содержит очень небольшое количество звуковой энергии и поэтому оказывает очень малое влияние на анализ полосы пропускания. Из-за рассеивания это наиболее подходящий вариант для точного определения формы волны за промежуток времени, мкс, и спектров в частотной области.

Таблица 1

Акустические свойства материалов [1]

Материал	Скорость продольной волны, м/с	Скорость поперечной волны, м/с	Акустический импеданс, кг/(м^2 · с)10^8
Алюминий	6 320	3 130	17,06
Бериллий	12 900	8 880	23,5
Латунь морская	4 430	2 120	37,30
Кадмий	2 780	1 500	24.02
Ниобий	4 920	2 100	42,16
Медь	4 660	2 260	41,61
Золото	3 240	1 200	62,60
Инконел (жаропрочный и жаростойкий сплав на никелевой основе)	5 820	3 020	49,47
Железо	5 900	3 230	45.43
Чугун (с малой скоростью)	3 500	2 200	25,00
Чугун (с высокой скоростью)	5 600	3 220	40,00
Свинец	2 160	700	24,49
Молибден	6 250	3 350	63,75
Никель чистый	5 630	2 960	49.99
Платина	3 960	1 670	84,74
Серебро	3 600	1 590	37,76
Сталь 1020	5 890	3 240	45,63
Сталь 4340	5 850	3 240	45,63
Сталь марки 302 аустенитная нержавеющая	5 660	3 120	45,45
Сталь 347 аустенитная	5 740	3 090	45,40
Жесть	3 320	1 670	24,20
Титан марки Ti 150A	6 100	3 120	27,69
Вольфрам	5 180	2 870	99,72
Цинк	4 170	2 410	29,61

Таблица 2

Коэффициенты ослабления сигнала

A_1, % / A_2, %	Коэффициент	*dB*
$\frac{100}{70,71}$	1,414 2	3
$\frac{100}{50}$	2	6
$\frac{100}{25}$	4	12
$\frac{100}{10}$	10	20
$\frac{100}{1}$	100	40

Основываясь на данных рис. 3, можно определить частоту датчика.

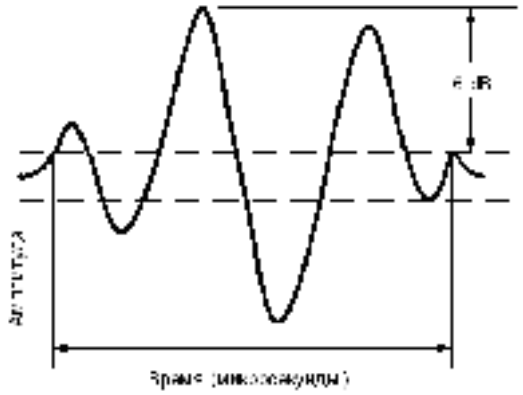


Рис. 1. Волна на уровне 6 дБ (50%-й пик амплитуды)

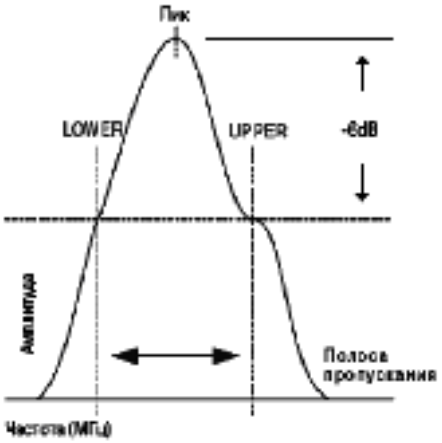


Рис. 2. Пик частоты прохождения для исследуемого материала

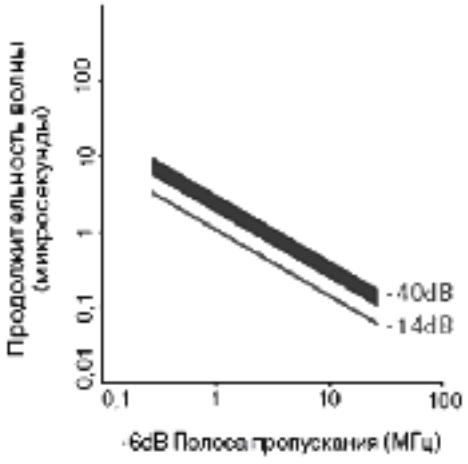


Рис. 3. Длина волны и полоса пропускания

Если, например, требуется – 14-децибеловая волна за 1 мкс, то какой следует выбрать датчик? На графике (см. рис. 3) полоса пропускания от 1 до 1,2 МГц соотносится примерно с 1 мкс – 14-децибеловой протяженности длины волны. Принимая номинальный 50%-й фракционный широкополосный датчик, получаем среднюю номинальную частоту от 2 до 2,4 МГц. Поэтому может быть использован датчик частотой 2,25 МГц или 3,5 МГц.

Не менее важны исследования акустического импеданса материала, который является показателем противодействия смещению его частиц звуком:

$$Z = \rho c\,, \tag{5}$$

где Z – акустический импеданс; ρ – плотность материала; c – скорость звука в материале.

Граница между двумя материалами с разным акустическим импедансом называется *акустической границей*. При нормальном падении звука в акустическую границу часть звуковой энергии отражается, а другая часть продолжает свое перемещение в материале. Потеря энергии, дБ, при прохождении сигнала из среды 1 в среду 2 рассчитывается следующим образом:

$$dB_{\text{loss}} = 10\log_{10}\left(\frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2}\right), \tag{6}$$

где Z_1 – акустический импеданс первого материала; Z_2 – акустический импеданс второго материала.

Необходимо учесть потерю энергии децибелового сигнала в среде 1 при отражении от акустической границы со средой 2:

$$dB_{\text{loss}} = 10\log_{10}\left(\frac{(Z_1-Z_2)^2}{(Z_1+Z_2)^2}\right). \tag{7}$$

Например, потеря сигнала при его распространении из воды (Z = 1,48) в сталь 1020 (Z = 45,41) составит –9,13 дБ. Потеря децибелового отраженного эхо-сигнала в стали 1020 составит –0,57 дБ, что также соответствует потере эхо-сигнала при распространении в обратном направлении. При $Z_2 > Z_1$ происходит переворот формы волны.

В материале происходит увеличение затухания ультразвука. При отсутствии значительных отражателей выделяют три варианта затухания:

– преломление;

– рассеивание;

– поглощение.

Характеристики затухания ультразвука в материале имеют важное значение при выборе датчика ультразвукового контроля. Для выявления этих характеристик рассмотрим звуковое поле, чувствительность и фокусную зону датчика.

Звуковое поле датчика (рис. 4) описывается следующими зависимостями:

$$N = \frac{D^2 f}{4C}, \tag{8}$$

$$N = \frac{D^2}{4\lambda}, \tag{9}$$

где N – протяженность ближнего поля; D – диаметр элемента; f – частота; c – скорость звука в материале; λ – длина волны.

Чувствительность датчика определяется диаметром звукового луча в интересующей точке:

$$BD = \frac{1,02Fc}{fD}, \tag{10}$$

$$BD = 0,256\,8DS_F, \tag{11}$$

где BD – диаметр луча; F – фокусное расстояние; c – скорость звука в материале; f – частота, D – диаметр элемента; S_F – нормированное фокусное расстояние.

Для определения фокусной зоны датчика (рис. 5) рассмотрим начальную и конечную точки, которые расположены в точке падения амплитуды сигнала «импульс – эхо» до –6-децибеловой амплитуды в точке фокуса (рис. 6). Длина фокусной зоны вычисляется по формуле

$$F = NS_F^2\left(2 + 0,5S_F\right), \qquad (12)$$

где F – фокусная зона; N – ближнее поле; S_F – нормированное фокусное расстояние.

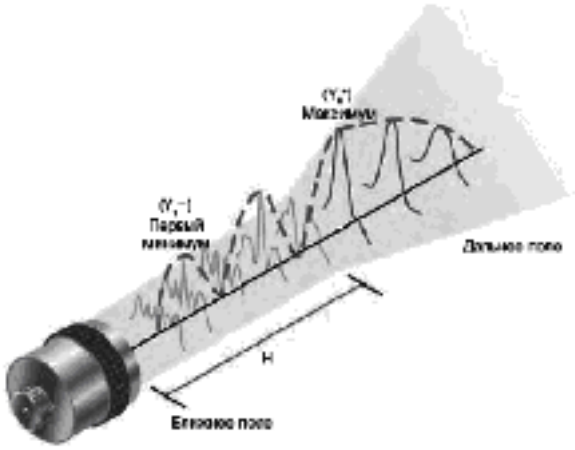


Рис. 4. Звуковое поле датчика

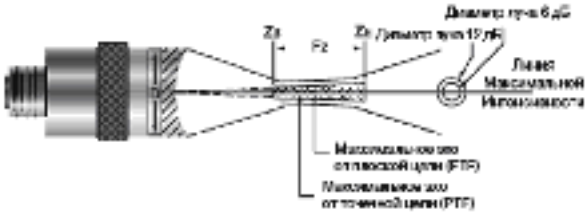


Рис. 5. Фокусная зона датчика: Z_B – начало фокусной зоны; F_Z – фокусная зона; Z_E – конец фокусной зоны; D – диаметр элемента

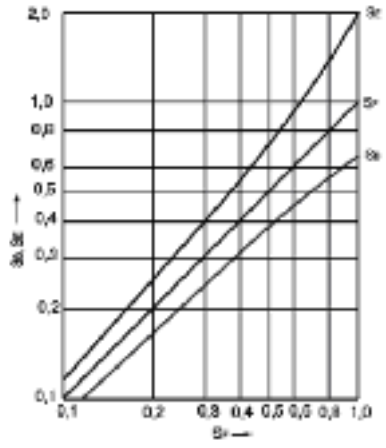


Рис. 6. Конечная и начальная точки фокусной зоны –6 дБ при измерении амплитуды сигнала

Все звуковые волны рассеиваются, и это характерно для любого датчика. В ближнем поле звуковой луч имеет сложную форму, а в дальнем он рассеивается (рис. 7).

Угол распространения луча плоского датчика –6-децибелового импульса рассчитывается следующим образом:

$$\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,514\frac{c}{fD}, \qquad (13)$$

где $\alpha / 2$ – половина угла рассеивания луча между точками –6 дБ.

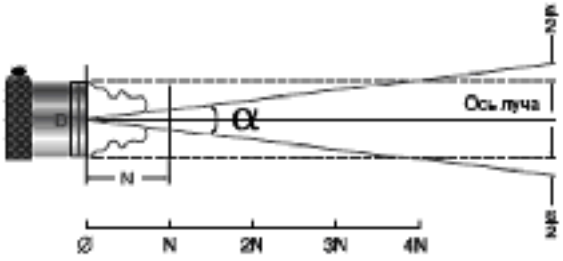


Рис. 7. Рассеивание луча и половинный угол

Таким образом, угол рассеивания луча можно варьировать, изменяя частоту и диаметр датчика, на чем основана работа датчиков ультразвукового контроля.

Различают раздельные, совмещенные и раздельно-совмещенные датчики. В последнем случае на одной конструкции размещают вмонтированные в отдельные линии задержки передающий и принимающий элементы, которые детектируют основной импульс достаточно просто. А если линии задержки расположены под углом, то информация о фокусном расстоянии такого датчика достаточна для определения проникающей способности звукового луча. Поэтому раздельно-совмещенные датчики нашли более широкое применение при исследовании неоднородных материалов.

Таким образом, математическая модель преобразователя ультразвукового сигнала адекватно описывается выражениями (1)…(12).

При ультразвуковом сканировании высокотемпературных изделий, в частности бруска стали, нагретого до 200…600 °С, согласно приведенным выше расчетам, целесообразно применять ультразвуковой датчик с рабочей частотой порядка 5 МГц и диаметром 25 мм. Кроме того, необходима дальнейшая разработка методики проведения исследований и реализация экспериментального образца микропроцессорной системы на основе высокопроизводительного сигнального процессора DSP.

Библиографический список

1. Неллиган, Т. Введение в ультразвуковой анализ материалов / Т. Неллиган ; ЗАО «Панатест НК». М., 2006.

2. Вейсов, Е. А. Ультразвуковое сканирование как метод повышения эффективности производства алюминия / Е. А. Вейсов, А. В. Хныкин // Алюминий Сибири-2005 : сб. докл. XI Междунар. конф. / Краснояр. гос. техн. ун-т, 2005. С. 174–177.

3. Вейсов, Е. А. Неразрушающий контроль при отливке алюминевых слитков / Е. А. Вейсов, О. В. Непомнящий, А. В. Хныкин // Вестн. Краснояр. гос. техн. ун-та. № 33. Красноярск, 2004. С. 48–55.

4. Непомнящий, О. В. Применение объемной реверберации ультразвука в методах неразрушающего контроля изделий / О. В. Непомнящий, А. В. Федоров // Материалы XLIV Междунар. науч. конф. / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2006. С. 116–117.

V. V. Shaidurov, O. V. Nepomnyashy, E. V. Veisov

MATHEMATICAL MODELING OF ULTRASONIC SENSOR TO REALIZE MICROPROCESSOR SYSTEM FOR HIGH-TEMPERATURE PRODUCTS SCANNING

A method of ultrasonic sensors calculation is considered. The mathematical modeling of ultrasonic sensor for high-temperature products scanning is offered. The additional recommendations for microprocessor system formation for high-temperature products scanning are given.

Keywords: ultrasonic, modeling, microprocessor, sensor.

УДК 629.78.048.7.001.24

Е. Н. Васильев, В. В. Деревянко

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПАНЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НЕГЕРМЕТИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Представлен программный комплекс, реализующий вычислительную модель радиационно-кондуктивного теплообмена, предназначенную для расчета температурных режимов теплонагруженных бортовой аппаратурой панелей перспективных космических аппаратов негерметичного исполнения. Пользовательский интерфейс и средства ввода-вывода информации в программном комплексе построены на основе XML-технологии.

Ключевые слова: теплообмен, численное моделирование, XML-технология, космический аппарат.

Современный подход к проектированию космических аппаратов (КА) предполагает снижение затрат на проведение экспериментальных тепловакуумных испытаний образцов КА и предъявляет повышенные требования к точности компьютерного моделирования температурных режимов блоков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и теплового состояния элементов конструкции в реальных условиях эксплуатации в космическом пространстве, в том числе в нештатных ситуациях. Для выполнения данной задачи необходима разработка компьютерных моделей для получения полной и точной информации о тепловом режиме всех элементов и узлов КА, при этом вычислительный алгоритм, интерфейс и программные средства ввода-вывода должны быть универсальны и удобны в пользовании.

Перспективные космические аппараты негерметичного исполнения представляют собой конструкцию, состоящую преимущественно из плоских панелей, на которых размещена РЭА [1]. Тепловой режим КА зависит от его компоновки, параметров орбиты, распределений источников и стоков теплоты, разнообразных тепловых связей и термических сопротивлений стыков. Условия теплового баланса КА определяют температурный режим бортовой аппаратуры, который в свою очередь влияет на эксплуатационные характеристики и рабочий ресурс РЭА. Общая картина температурных полей всей конструкции КА может быть создана с помощью моделей тепловых режимов, учитывающих совокупность физических факторов, которые влияют на процесс теплообмена [2; 3]. В то же время вычисления для крупномасштабных объектов в таких моделях проводятся на сравнительно грубой расчетной сетке, поэтому в них невозможно адекватно описать узлы и элементы, имеющие малые размеры, и учесть влияние зон локального тепловыделения. Для достижения более высокой детализации при моделировании процессов теплообмена и получения подробных температурных распределений расчеты необходимо проводить на мелкой разностной сетке.

Поскольку конструкция КА негерметичного исполнения включает достаточно большое количество различных прямоугольных панелей, то компьютерная вычислительная программа должна быть унифицирована для расчета панелей, отличающихся геометрическими размерами и комплектацией, и иметь интерфейс, позволяющий при проведении серийных расчетов максимально упростить процедуры перенастройки вычислительной программы, ввода исходных данных, обработки и анализа результатов.

Тепловой режим панели определяется теплопроводностью материала, мощностью тепловыделения и условиями теплообмена на границах. Проблемы, возникающие при разработке вычислительной программы для его моделирования, связаны с тем, что панели могут иметь сложную конструкцию, включающую применение материалов, имеющих переменные теплофизические свойства и радиационные характеристики; использование элементов с направленными теплопередающими свойствами (тепловых труб); наличие отверстий и вырезов. Кроме того, панели могут иметь разнообразные тепловые связи с другими узлами и элементами конструкции КА.

В общем случае для определения теплового режима панели необходимо решать задачу, описывающую про-

цесс теплообмена с учетом геометрических параметров панели, теплофизических свойств материалов, тепловыделения блоков РЭА, термических сопротивлений стыков, теплопереноса в тепловых трубах и радиационной энергии, которая подводится на поверхность панелей за счет излучения Солнца и солнечных батарей, а отводится посредством излучения в космическое пространство.

Авторами была поставлена цель – разработать программный комплекс на базе современных средств программирования и эффективных вычислительных алгоритмов, предоставляющих пользователю удобный интерфейс для работы и позволяющих проводить расчет тепловых режимов различных конфигураций и комплектаций панелей. Удобство использования программного комплекса подразумевает наличие возможности как визуального, так и прямого редактирования параметров конфигурационного файла задачи, а также визуализации результатов расчетов и их программной обработки. Важным моментом должна быть простота адаптации комплекса для решения других вычислительных задач, подобных исходной по конфигурации.

Схема реализации программного комплекса. При проектировании программного комплекса ставились две основные задачи:

– первая задача – предоставить пользователям комплекса удобный интерфейс, позволяющий изменять значения любых параметров конструкции без перекомпиляции программного комплекса; редактировать значения параметров как напрямую, в конфигурационном файле, так и через графический интерфейс; визуализировать геометрию узлов исследуемой конструкции КА и редактировать размеры и расположение узлов с помощью компьютерной мыши;

– вторая задача – обеспечить простоту использования комплекса для решения аналогичных вычислительных задач. В подобных задачах, в частности, могут варьироваться количество панелей, входящих в исследуемую конструкцию КА; состав узлов, размещенных на каждой панели; детальность описания каждого узла конструкции; вычислительные алгоритмы, используемые в расчетах; набор и детальность получаемых вычислительных результатов.

Вычислительный комплекс должен быть адаптирован ко всем подобным изменениям при минимальных усилиях, а именно: чтобы при адаптации изменялись только конфигурационные файлы и проводилась соответствующая доработка вычислительного алгоритма.

Для решения поставленных задач программный комплекс построен таким образом, чтобы интерфейсная и вычислительная части были в нем полностью разделены и максимально независимы друг от друга, а все параметры вычислительной задачи описывались с помощью отдельного конфигурационного файла. Такое построение достигнуто за счет использования двух современных технологий программирования: модели компонентного программирования COM и языка разметки данных XML. В качестве формата конфигурационного файла выбраны RSD-схемы, построенные на основе XML.

Программный комплекс реализован на языке C++ и включает четыре независимых программных компонента:

– вычислительную процедуру, реализующую модель радиационно-кондуктивного теплообмена;

– модуль управления вычислениями, предоставляющий графический интерфейс пользователя. Он позволяет выполнять операции открытия, редактирования и сохранения конфигурационного файла задачи, запуска, остановки и отслеживания хода выполнения вычислений, просмотра результатов вычислений и т. д.;

– визуализатор результатов, позволяющий просматривать результирующее температурное поле как в числовом, так и в графическом виде;

– визуальный редактор конфигурационного файла задачи.

Модуль управления вычислениями является основным приложением, к которому остальные компоненты подсоединяются через COM. Обмен данными между компонентами комплекса организован на основе формата XML.

Главной особенностью программного комплекса является использование RSD-схемы для описания параметров вычислительной задачи. RSD-схема – это специальный XML-формат, разработанный для описания структуры конфигурационных файлов. RSD-схема позволяет задать детальную информацию для каждого параметра: тип, краткое описание, значение по умолчанию, флаги, указывающие на возможность просмотра и изменения значения данного параметра пользователем и т. п. Набор кодогенераторов и программных компонентов (рис. 1) существенно упрощает использование и обработку RSD-схем. По сути, RSD-схемы заменяют собой традиционные ini-файлы, существенно расширяя при этом их возможности.

При использовании ini-файлов для хранения настроек приложения всегда возникает ряд проблем:

– отсутствие типизации данных;

– сложности с кодировкой;

– необходимость вручную реализовывать в приложении функции считывания и записи данных в файл;

– отсутствие встроенной поддержки документирования параметров конфигурационного файла;

– отсутствие стандартного визуального редактора параметров;

– сложность изменения набора параметров конфигурационного файла при переходе к новой версии программы;

– слабая поддержка параметров, содержащих списки данных.

Все эти проблемы приходится каждый раз решать заново. Более того, любые изменения в наборе конфигурационных параметров неизбежно приводят к необходимости перекомпиляции приложения и корректировки его интерфейса.

Применение RSD-схем значительно упрощает процесс реализации настроек в приложении. Для этого необходимо лишь составить RSD-схему, описывающую требуемый набор конфигурационных параметров. Все остальные проблемы решаются автоматически:

– с помощью кодогенератора на основании RSD-схемы генерируется файл настроек. Это обычный текстовый файл XML. Его использование автоматически решает проблему с кодировками;

– с помощью кодогенератора на основании RSD-схемы генерируется заголовочный файл C++, содержащий

класс настроек задачи и задающий константы для каждого параметра конфигурации. Пользователь подключает к программе два заголовочных файла: сгенерированный файл и библиотеку шаблонных классов RSD, реализующую необходимый функционал для работы класса настроек. Класс настроек уже содержит код для считывания и записи параметров конфигурационного файла;

– для визуального редактирования конфигурационных файлов RSD используется программный компонент RsdConfig. В нем заложена возможность работы с RSD-схемами и предоставляется отдельный интерфейс редактирования для элемента каждого возможного типа. Кроме того, RsdConfig не зависит от конкретного содержания RSD-схемы, благодаря чему он не требует перекомпиляции при внесении изменений в состав параметров конфигурации задачи;

– комментарии к параметрам конфигурации прописываются в RSD-схеме один раз, но используются они многократно: во-первых, комментарии заносятся собственно в файл настроек, так что если возникнет необходимость отредактировать файл вручную, то будет понятно, что каждый параметр описывает; во-вторых, они вносятся в код программы, что существенно упрощает кодирование вычислительной процедуры; в-третьих, они показываются при визуальном редактировании в RsdConfig;

– компоненты RsdConfig поддерживает возможность подключения внешних редакторов для элементов любого типа. Например, для визуализации параметров, описывающих конструкцию и комплектацию панели, разработан специальный редактор, позволяющий редактировать геометрические параметры объектов визуально с помощью мыши;

– все результаты расчетов записываются в конфигурационный файл согласно RSD-схеме. Визуализатор результатов также работает на основе RSD-схемы и не зависит от других компонентов комплекса. Поэтому для настройки параметров вывода результатов достаточно правильно настроить RSD-схему.

Помимо описанных выше, RSD-схемы позволяют решать также и ряд других проблем: автоматическое совмещение файлов конфигурации двух разных версий, раздельное генерирование отладочной и релизной версий файлов в процессе автосборки и т. д.

На практике подобное построение программного комплекса позволяет достичь высокой гибкости. Во-первых, любой компонент может быть заменен аналогом, обладающим, например, более богатой функциональностью. При этом перекомпиляции остальных компонентов не требуется. Во-вторых, набор параметров решаемой задачи полностью задается RSD-схемой. Поскольку интерфейсные компоненты не зависят от содержания RSD-схемы, то для адаптации комплекса к другой вычислительной задаче необходимо изменить только две составляющие комплекса: RSD-схему и связанную с ней вычислительную процедуру. Интерфейсные компоненты при этом изменять не нужно.

Однако применение данного программного комплекса имеет и свои ограничения. В частности, при переходе к другому классу вычислительных задач может потребоваться изменение интерфейсных компонентов. Например, при переходе к трехмерной задаче необходима разработка другого визуализатора, а для динамической визуализации промежуточных результатов расчета потребуется другой модуль управления. Поэтому в общем случае можно говорить о том, что подобный вычислительный комплекс предоставляет инфраструктуру лишь для заданного класса вычислительных задач, в нашем случае – для двумерных нестационарных задач теплопроводности.

Описание вычислительной процедуры. Вычислительная модель в программном комплексе реализована в виде отдельного программного компонента – вычислительной процедуры. Входными данными для нее служит подготовленный конфигурационный файл с параметрами вычислительной задачи. Результаты расчетов записываются в этот же файл.

Рис. 1. Набор кодогенераторов и программных компонентов

Для решения поставленной задачи реализует следующая математическая модель.

Распределение температурного поля определяется по численному решению нестационарного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами:

$$c_v(x,y)\rho(x,y)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda(x,y)\frac{\partial T}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\lambda(x,y)\frac{\partial T}{\partial y}\right] + q_v(x,y,t) - \alpha_v(x,y,t)T,$$

где c_v – удельная объемная теплоемкость материала; ρ – плотность; T – температура; λ – теплопроводность; t – время; x, y – пространственные координаты; q_v – объемная плотность теплового потока от источников тепла; α_v — объемная плотность теплового потока стоков тепла. При этом используются граничные условиями третьего рода

$$\left[\lambda\frac{\partial T}{\partial l} + \alpha T\right]_{x=0,L} = q\big|_{x=0,L}$$

и условие сопряжения на тепловых стыках

$$(T1 - T2) = Rq.$$

Это условие определяет величину и направление тепловых потоков, перетекающих через тепловой стык, который имеет термическое сопротивление R и значения температуры по обе стороны стыка $T1$ и $T2$. Начальное условие имеет вид

$$T\big|_{t=0} = T_0(x).$$

Для описания радиационного теплообмена используется приближение серого тела, основанное на законе Стефана–Больцмана: $\varepsilon\sigma T^4(x,y,t)$. Суммарный тепловой поток на поверхности панели определяется выражением

$$q_v(x,y,t) = \frac{q_p(x,y) + q_r(x,y) - \varepsilon\sigma T^4(x,y,t)}{\delta_s},$$

где q_p – поток тепла, попадающий на поверхность панели от блоков РЭА; q_r – распределение падающего радиационного потока от внешних источников; δ_s – толщина панели.

Использование нестационарного двумерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами теплоемкости и теплопроводности дает возможность описывать широкий круг практических задач, в том числе определять тепловые режимы панелей сложной конструкции с разнообразными тепловыми связями с элементами КА и окружающей средой.

Численная реализация нестационарной задачи теплопроводности проводится методом конечных разностей по экономичной аддитивной неявной локально-одномерной схеме [4]. Алгоритм расщепления по пространственным координатам позволяет задавать анизотропию коэффициента теплопроводности для описания направленного переноса теплоты с помощью тепловых труб.

Порядок работы с программным комплексом. Порядок работы пользователя с комплексом следующий. После запуска программы (рис. 2) либо создается новая задача с параметрами по умолчанию, либо открывается ранее сохраненный конфигурационный файл задачи и редактируются параметры панели (рис. 3). Затем дается команда выполнения вычислений (рис. 4). По завершению расчетов имеется возможность просмотра результатов вычислений в визуализаторе (рис. 5) и сохранения результатов расчета в файле (при необходимости).

Универсальный редактор параметров (см. рис. 3) позволяет изменить значение любого параметра задачи, в том числе параметров тепловыделяющих элементов, размещенных на панели. Специальный дополнительный программный компонент, подключаемый к RsdConfig, дает возможность выполнять такое редактирование в визуальном режиме. Каждый элемент отображается на панели в виде прямоугольника, размеры и координаты которого можно редактировать с помощью мыши (см. рис. 5).

После завершения расчетов результаты сохраняются в XML-файле, имеющем ту же структуру, что и файл конфигурации задачи. Поэтому при обработке файла результатов может быть использована исходная RSD-схема. Кроме того, программа обработки имеет автоматический доступ не только к рассчитанным значениям, но и к исходным значениям всех параметров задачи.

Результатом математического моделирования является двумерное поле температуры панели и значения температуры расположенных на ней элементов и блоков. Результаты могут просматриваться как в численном, так и в графическом виде (см. рис. 5). В окне визуализатора отображается результирующее температурное поле с указанными позициями тепловыделяющих элементов. Справа отображается шкала температур, внизу – координаты и значение температуры в позиции, на которую указывает курсор мыши, слева показан полный список элементов панели и представлена подробная информация о выделенном элементе.

В приведенном на рис. 5 примере вывода результатов расчета температурного поля панели максимальные значения температуры соответствуют посадочным местам тепловыделяющих элементов, минимальные значения – местам тепловых контактов с внешними элементами. В целом распределение температуры отражает совокупное влияние следующих физических факторов: переноса теплоты механизмом теплопроводности, тепловыделения элементов, стока теплоты в местах контактов и на границах, теплообмена излучением с внешней средой.

Помимо теплового проектирования панелей КА, представленный программный комплекс может быть использован при разработке других технических устройств, имеющих аналогичные условия теплообмена и плоскую конструкцию, например радиоэлектронных блоков и плат.

Разработанный авторами программный комплекс позволяет решать разнообразные задачи теплообмена, возникающие при тепловом проектировании РЭА и отсеков КА, и получать полную и точную, практически важную информацию о температурном поле панели при различных условиях. Применение XML-технологии позволяет добиться гибкости интерфейса и удобства работы при вводе и выводе информации. Предложенный подход может быть применен при вычислительном моделировании широкого круга задач в различных областях науки и техники.

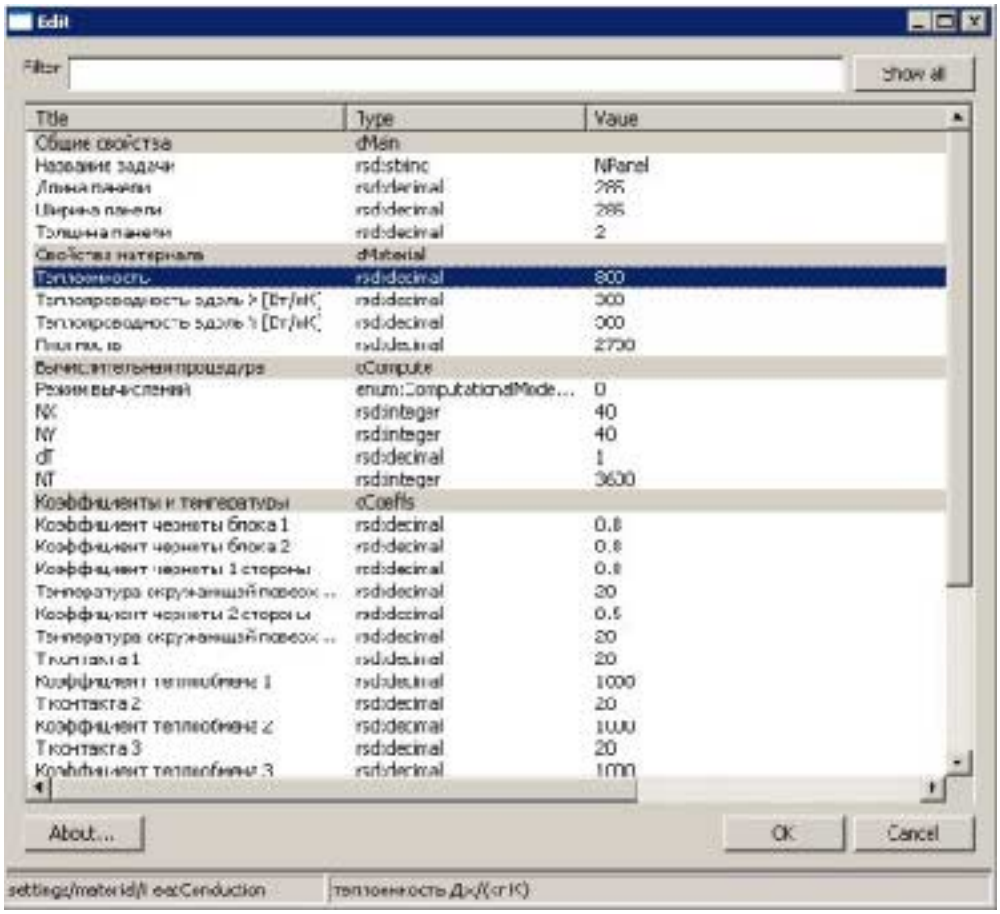


Рис. 2. Запуск программы

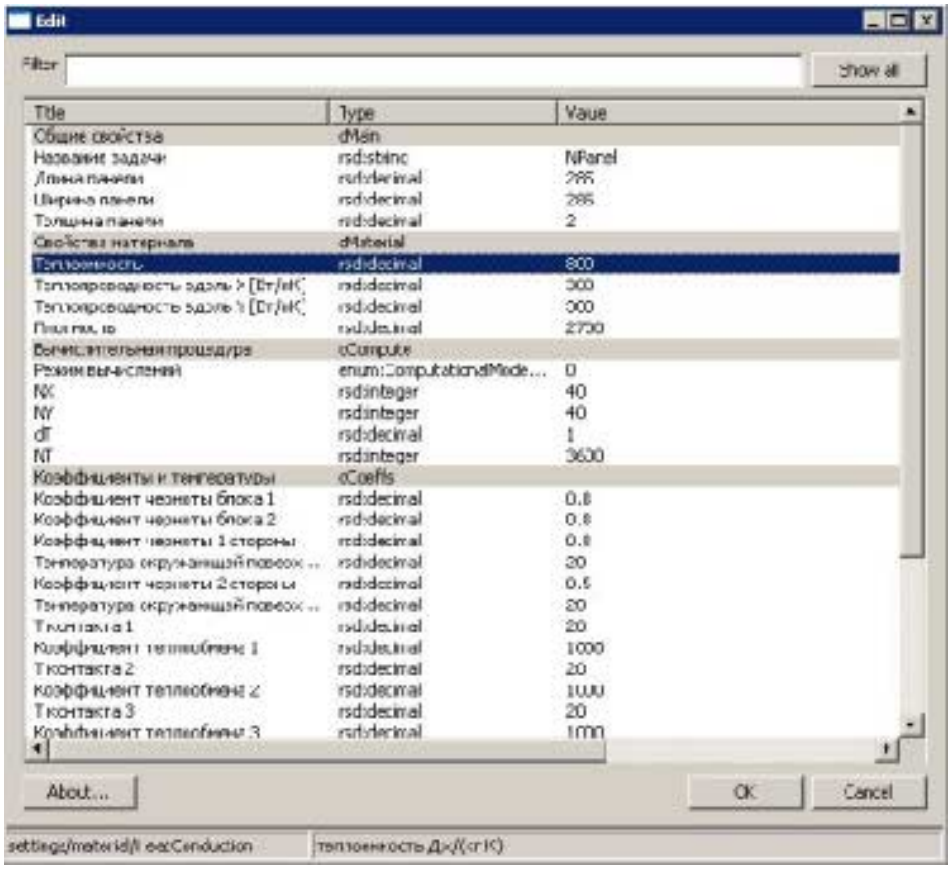


Рис. 3. Ранее сохраненный конфигурационный файл задачи
и редактируемые параметры панели

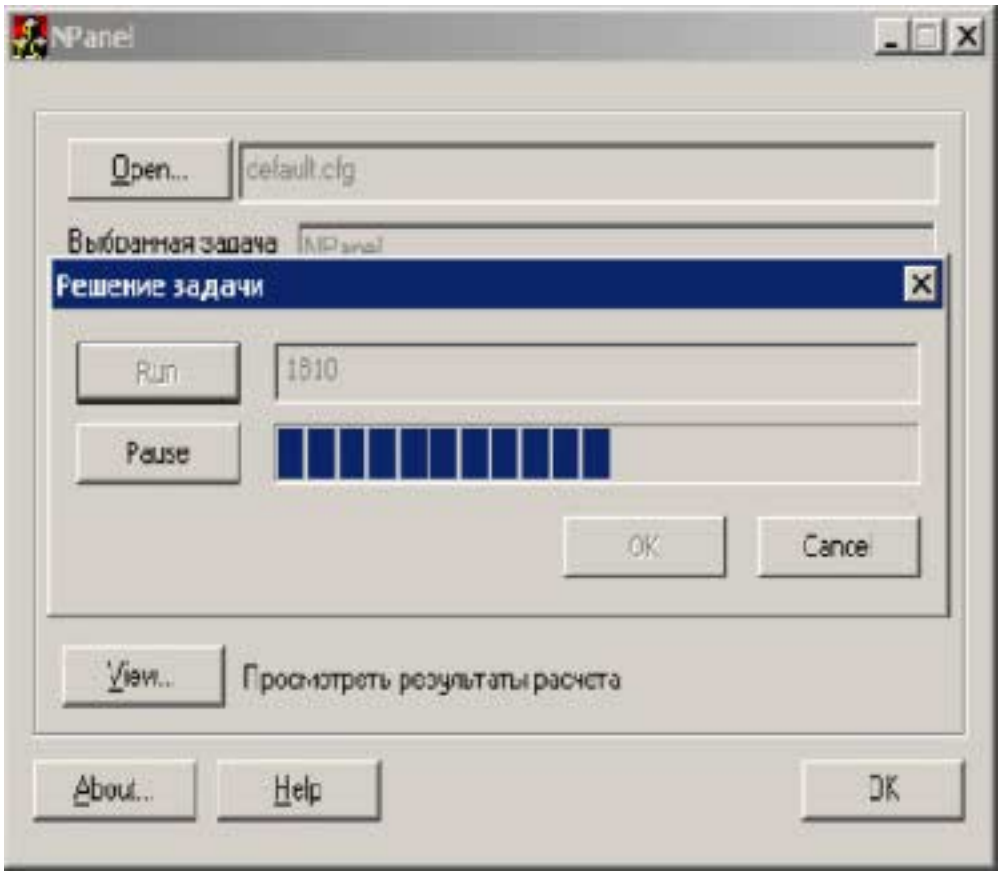


Рис. 4. Команда выполнения вычислений

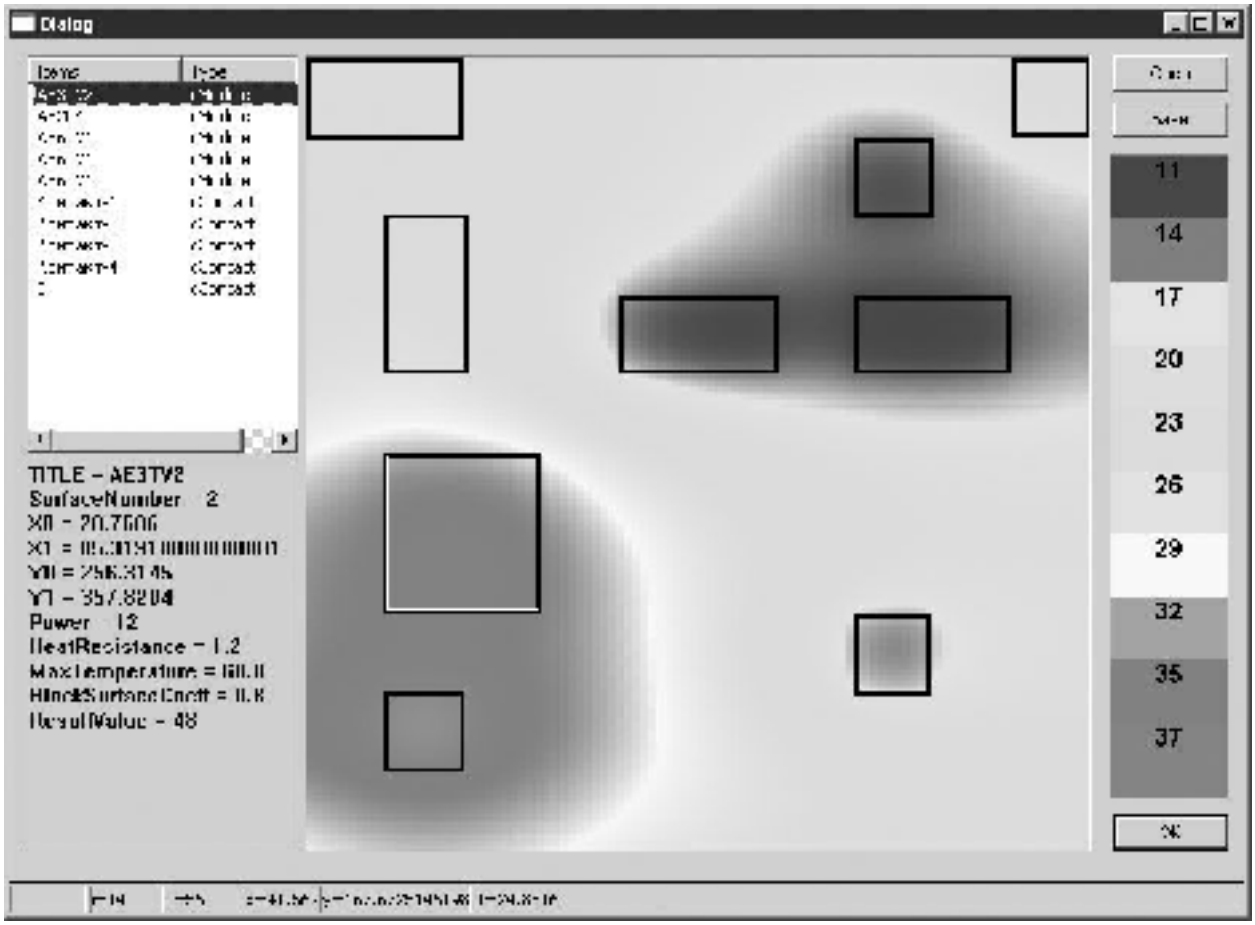


Рис. 5. Просмотр результатов вычислений в визуализаторе

Библиографический список

1. Пат. 2092398 Российская Федерация, МКИ Б 6461/10. Космический аппарат блочно-модульного исполнения / Е. А. Ашурков, В. П. Кожухов, А. Г. Козлов и др. // Опубл. 10.10.97, Бюл. № 28.

2. Математическое моделирование теплообмена в космических аппаратах негерметичного исполнения / Е. Н. Васильев, В. А. Деревянко, А. В. Макуха и др. // Тр. 2-й Рос. нац. конф. по теплообмену. М., 1998. Т. 7. С. 45–48.

3. Васильев, Е. Н. Расчет теплообмена в негерметичных космических аппаратах / Е. Н. Васильев, В. А. Деревянко, В. Е. Косенко // Теория и эксперимент в современной физике : сб. науч. тр. / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2000. С. 47–57.

4. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. М. : Наука, 1989.

E. N. Vasiljev, V. V. Derevyanko

BUNDLED SOFTWARE TO COMPUTE TEMPERATURE FIELDS OF SPACE VEHICLES PANELS WITH LEAKY CONSTRUCTION

Bundled software based on the computational model of radiation-convective heat exchange is presented. The model allows to calculate temperature modes of panels, loaded with heat sources for perspective space vehicles with leaky construction. The user interface and input/output tools of the software are built on the base of XMT-technology.

Keywords: heat transfer, numerical simulation, XML technology, spacecraft.

УДК 004.3

Р. П. Туркенич

СТРУКТУРНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Рассмотрено значение информационного обеспечения процессов создания изделий космической техники, задачи его совершенствования на современном этапе, изложены рекомендации по решению этих задач.

Ключевые слова: космическая техника, информационное обеспечение, экспертное звено.

Проектно-конструкторские и технологические работы, выполняемые в процессе создания изделий космической техники, всегда относились к наиболее ресурсоемкой области созидательной человеческой деятельности. Для получения достойного результата эти работы должны стать объектом высокоорганизованной системы управления, построенной на основе совершенного (насколько возможно) информационного обеспечения. Проектирование и разработка конструкции и технологии изготовления сложных технических объектов (СТО) «до сих пор были и останутся, видимо, в предвиденном будущем областью инженерного искусства» [1].

За последнее время произошло существенное усложнение как конструкций космических аппаратов (КА), так и стратегии их проектирования. Невозможность формализованной постановки задачи проектирования, неопределенность исходных данных, многофункциональность разрабатываемых систем и вызванная этим многокритериальность оптимизации – таковы основные причины, ограничивающие применение традиционных методов синтеза.

Зависимость решения оптимизационных задач от имеющегося информационного обеспечения (ИО) требует совместного рассмотрения проблем оптимизации и устранения дефицита информации при разработке КА, которые, как правило, не имеют аналогов.

Все цели, на достижение которых направлено информационное обеспечение, можно подразделить на два больших класса: поддержание и достижение.

В рамках первого класса осуществляется поддержание достигнутого (или заданного) состояния и перевод в новое состояние. К этому классу можно отнести поддержание работоспособности КА на заданном техническим заданием (ТЗ) уровне, обеспечение определенного запаса прочности разрабатываемого изделия.

Ко второму классу относятся процессы, связанные с переводом разрабатываемого изделия из одного состояния в другое, например внедрение научно-технических достижений и мероприятий, направленных на повышение технического уровня разработок, модернизация оборудования и т. д.

При переходных процессах необходимость достижения той или иной цели в конкретных условиях формулируется в виде задачи управления для преодоления противоречия между достигнутым и требуемым уровнями характеристик СТО.

Принимая эту концепцию, перечислим основные типы задач информационного обеспечения, которые необходимо решать:

– прямая задача, когда известна исходная информация, заданы алгоритм и достигаемая цель, а решением задачи информационного обеспечения в условиях временных и ресурсных ограничений на разработку является получение результата, приближающего к цели управления (этот результат может быть достигнут только при оптимальных исходных данных и оптимальном алгоритме);

– обратная задача, когда при заданной цели и известном алгоритме в условиях ограничений по времени и ресурсам необходимо определить исходную информацию, при которой происходит достижение цели;

– задача синтеза, когда при заданной исходной информации и идеализированной цели в условиях ограничений по времени и ресурсам необходимо найти алгоритм формирования информационного обеспечения;

– задача анализа, когда известно информационное обеспечение одного из перечисленных выше типов задач и в условиях ограничений по времени и ресурсам результаты ИО нужно сопоставить с заданным эталонным решением. Если полученная разница превышает допустимую, то определить методы ее снижения.

Под системой информационного обеспечения (СИО) будем понимать динамическую систему, состоящую из множества элементов, действующих совместно и одновременно с целью выполнения определенных технологических задач, или совокупность объектов (разработчиков, инженеров-информаторов, технических информаторов), объединенных взаимной зависимостью и регулярным взаимодействием.

Система ИО как динамическая система для своего функционирования требует четкого взаимодействия ее компонентов, соблюдения необходимых условий согласования при помощи объектов связи, т. е. приобретения объектами, участвующими в системе, конкретных значений некоторого общего свойства, выступающего в качестве системообразующего фактора. Но история научно-технического прогресса показывает, что понимание этой важной роли ИО и необходимости ее совершенствования формировалось крайне медленно и усугублялось отсутствием достаточных экономических возможностей государства.

Первый этап в становлении информационного обеспечения научных и инженерных разработок носил автономный, стихийный характер и продолжался вплоть до середины 40-х гг. XX в. Основные задачи по ИО разработок решались самими разработчиками за счет ранее полученных знаний, опытности руководящего звена и т. п. (рис. 1). И лишь особо важные разработки оборонного характера информационно обеспечивались специальными государственными источниками, например разведкой. Аппарат управления (АУ) формировал и выдавал управляющие воздействия (УВ), исходя из требований планового задания, получаемой от системы контроля (СК) производственной информации (ПИ) J_p, сведений, поступающих от специального ИО, и собственной инициативы (например, по ускорению выполняемых работ).

Однако к 50-м гг. прошлого века информационные потребности отечественного машиностроения, основной задачей которых стало выполнение оборонных заказов высокой сложности, возросли настолько, что лишь государственный подход мог их удовлетворить. При этом содержание требуемой априорной информации стало приобретать все более научно-технический характер. И здесь нужно отдать должное советскому правительству за понимание возникших проблем. Несмотря на тяжелейшее экономическое положение страны, требующее огромных расходов на оборону, были созданы государственные организации, главной целью которых явилось обеспечение предприятий-изготовителей техники, в первую очередь оборонной, необходимой научно-технической информацией (НТИ).

Именно в этот период появились всесоюзные и отраслевые институты научно-технической информации, науч-

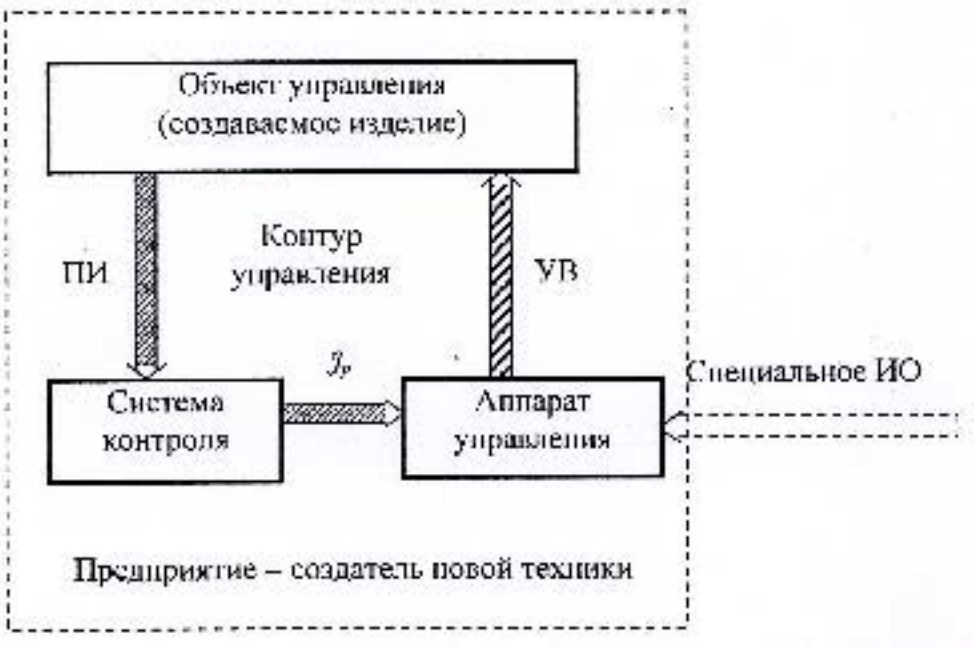


Рис. 1. Схема автономного информационного обеспечения (обозначения см. в тексте)

но-информационные центры, специальные информационные службы на предприятиях. Были созданы благоприятные условия для обмена опытом в области информационной деятельности даже на межотраслевом уровне, несмотря на закрытый характер выполняемых работ.

Под влиянием этих государственных мер система ИО предприятий – создателей новой техники приобрела централизованный характер и стала частью двухконтурной (с внутренним (КУ-1) и внешним (КУ-2)) контурами системы управления (СУ) (рис. 2).

На основании анализа информации об объекте управления, полученной ИС, необходимая ПИ поступает в АУ для выработки и выдачи управляющих воздействий (УВ). Так образуется КУ-1.

Основная задача аппарата управления в двухконтурной СУ – это управление регулируемыми координатами процесса создания изделия в соответствии с заданными параметрами, ресурсами и ограничениями. Для реализации своей целевой функции управление должно быть быстродействующим (оперативным), адаптированным и даже предвидящим [1; 2].

Для управления координатами процесса создания изделия необходимо знать уровень мировых стандартов $U_м$ (УМС), сравнивать его с имеющимся уровнем и при достижении предельно-допустимого отклонения вырабатывать соответствующие координирующие УВ. Решение этих задач входит в функции КУ-2, в котором НТИ передается информационной службой (ИС) в АУ как сведения J_s об уровне $U_м$ для их учета при создании изделия.

Импульс влияния нового (ИВН), замыкающий КУ-2, – это условное понятие, определяющее степень влияния уровня (потенциала) совершенства $U_н$ разрабатываемого изделия как представителя новой техники на уровень мировых стандартов для изделий данного класса и дающее этому изделию обобщенную оценку с таких позиций.

В целом задача двухконтурной системы управления ИО сводится к выполнению качественной подготовки проектных решений, своевременному выявлению тенденций устаревания разрабатываемых и принятых проектных решений с оперативным проведением их корректировки и пересмотра.

Централизованная система ИО оказалась весьма эффективной и позволила отечественному машиностроению по многим видам изделий подняться на уровень мировых стандартов и достаточно успешно конкурировать с передовыми зарубежными странами. Однако выполнение этой системой своей целевой функции постепенно становилось проблематичным и в начале 80-х гг. снизилось до критического уровня. И именно в этот период начался этап перехода от информационного обслуживания к проблемно-целевому информационному обеспечению. Целевое информационное обеспечение – это информирование, которое отталкивается от конечных целей НИОКР и вытекающих из этого задач, а проблемный подход – это один из возможных способов разработки системного подхода, направленного на решение возникающих научно-технических проблем. В связи с этим возникла необходимость в комплексном охвате всех этапов жизненного цикла изделий ракетно-космической техники (РКТ): от возникновения идей, замысла миссии, проектного целеполагания, программно-целевого планирования, разработки и реализации проекта до сопровождения КА в течение всего срока его активного существования.

Произошедший в науке и технике информационный взрыв, связанный с небывалым ростом количества источников НТИ (изобретений, монографий, журнальных статей и т. п.), привел к тому, что аппарат управления и информационные службы предприятий оказались перегруженными и потенциал ИС стал расходоваться в основном на запросы по НТИ, регистрацию поступающей

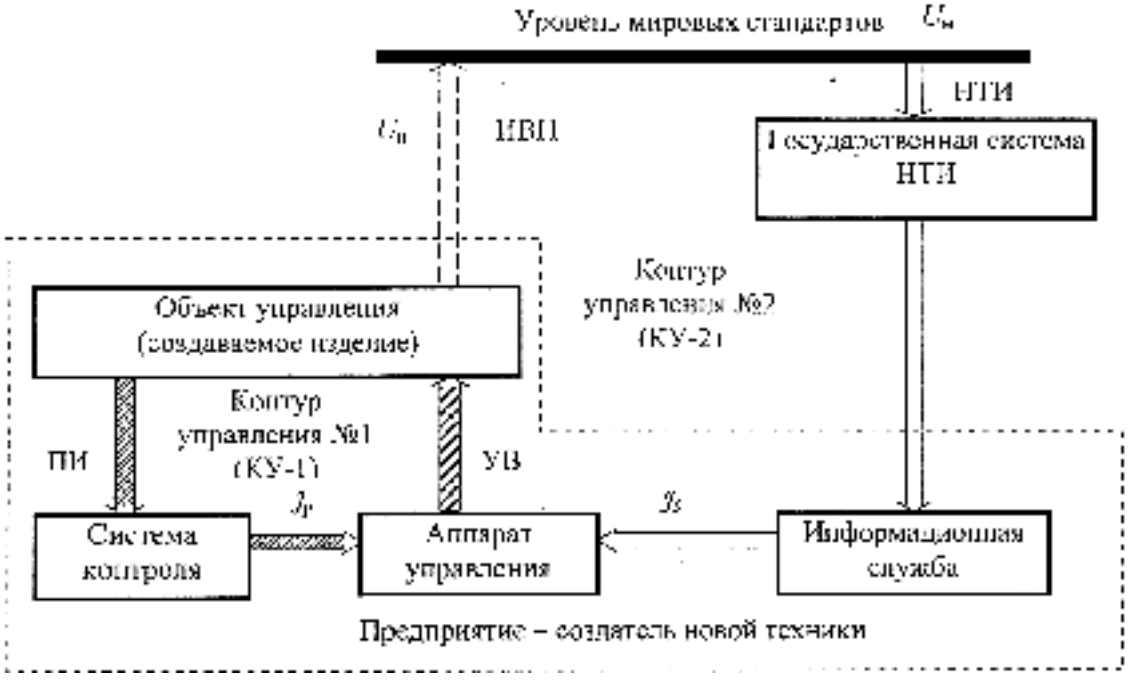


Рис. 2. Схема централизованного ИО (обозначения см. в тексте)

информации и ее весьма поверхностную обработку, без анализа содержательного уровня и достоверности.

С другой стороны, возросшая сложность разработок не способствовала росту творческого потенциала АУ. Его возможностей стало хватать лишь на текущие дела. Как итог, сведения J_s, выдаваемые ИС в АУ, стали все меньше соответствовать потребностям последнего. Говоря языком теории технической совместимости (ТТС), была потеряна взаимная совместимость информационного и управляющего звеньев, что привело к разрыву контура КУ-2.

Радикальные экономические преобразования, связанные с переходом нашей страны к рыночным отношениям, заставили по-иному отнестись к проблемам и особенностям выявления результатов научно-технической деятельности (НТД), защиты их правового статуса в качестве объектов интеллектуальной собственности (ОИС) и их последующего вовлечения в хозяйственный оборот. Оцененные на рынке ОИС становятся важным элементом конкурентоспособности как разрабатываемой продукции, так и самого предприятия в целом. Для того чтобы стать конкурентоспособным, предприятию необходимо эффективно управлять своим интеллектуальным продуктом. Для этого следует изменить его внутреннюю структуру, разработать новые методы и формы управления инновационными процессами.

В условиях острой конкуренции на рынке космических услуг предприятия, игнорирующие использование передовых научно-технических достижений, которыми, как правило, и являются ОИС, не могут быть конкурентоспособными со всеми вытекающими последствиями. Поэтому особое значение приобретают проблемы, связанные с информационным обеспечением системы управления информационной службой на предприятии, так как эффективность и перспективность интеллектуальных продуктов не гарантируют того, что инвестиционно привлекательные ОИС будут реализованы в соответствии с рыночными законами.

Выход из этой ситуации был предложен в работах [3; 4]. Он предусматривает введение в контур КУ-2 экспертного звена (ЭЗ) между информационным и управляющим звеньями (рис. 3). Основное отличие этой схемы от предыдущей (см. рис. 2) состоит в появлении еще одного контура управления – КУ-3, по которому осуществляется самоподстройка процесса управления к изменяющимся условиям с целью поддержания требуемой величины координаты управления. Такую самоподстройку выполняет ЭЗ по результатам анализа сведений J'_s и J'_p. При этом информация J'_s составляет незначительную часть сведений J_s и формируется, например, для дифференцированного обслуживания руководящего звена.

Для реализации схемы ИО с ЭЗ необходимо формирование и становление эксперта нового типа, который активно решает совокупность взаимосвязанных задач информационного обеспечения всего процесса создания, например, космического аппарата, в том числе выявление результатов НТД, их правовую защиту в качестве ОИС и последующее введение в хозяйственный оборот.

Для оценки влияния предложенного активного экспертного подхода на ценность НТИ $Ц_{а.с}$ можно использовать выражение «ценность актуальной информации» [1; 2].

В этом случае можно показать, что ценность НТИ $Ц_{а.с}$ зависит от ее соответствия задаче, при решении которой эта информация используется. Ретроспективный информационный поиск с участием эксперта дает более ценную НТИ. Это также означает, что ценность информации, предоставляемой с участием одного и того же эксперта, имеет постоянную тенденцию к повышению.

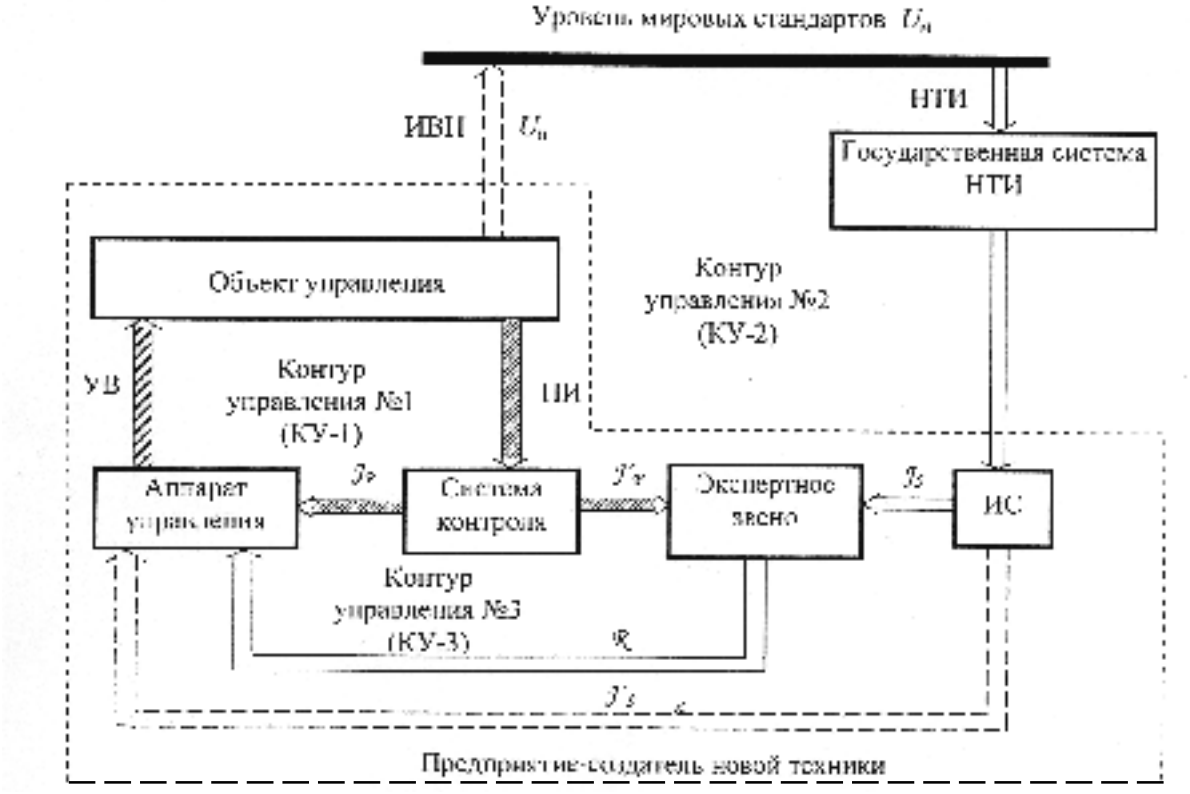


Рис. 3. Схема ИО с экспертным звеном

Таким образом, предложенная система ИО на основе экспертного подхода оказывается достаточно эффективной, так как она обладает способностью оперативно адаптироваться к изменившимся условиям работы. Но для этого необходимо расширить функции экспертного звена и предоставить ему больший оперативный простор. Это можно осуществить на следующем этапе развития ИО, предоставив ЭЗ выход к информации об УМС и к объекту управления для непосредственного экспертного анализа процесса создания изделий новой техники. В итоге система ИО приобретет многоконтурную структуру (рис. 4).

Об интеллектуальной сложности продукции, производимой ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева, свидетельствует тот факт, что создаваемые им современные информационно-телекоммуникационные КА сопровождаются многотомными комплектами документации, а среднемировая удельная стоимость, т. е. стоимость единицы массы, одного из таких КА превышает удельную стоимость золота, в связи с чем понятна значимость использования ИО для интеллектуального наполнения КА, которое могло бы гарантировать их успешную длительную (до 15 лет) и безотказную работу на различных орбитах.

В этой связи на предприятии накоплен богатый опыт управления информационным обеспечением, о чем говорит то, что уже пять поколений его космических аппаратов не только обеспечивают потребности нашей страны во многих областях космической деятельности, но и поддерживают статус России как равноправного участника мирового информационного сообщества.

Библиографический список

1. Носенков А. А. Задачи совершенствования информационного обеспечения отечественного приборостроения на современном этапе / А. А. Носенков, Р. П. Туркенич // Приборостроение. 2008. Т. 51. № 8.

2. Носенков, А. А. Техническая совместимость: практика, наука, проблемы : монография / А. А. Носенков ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005.

3. Носенков, А. А. Экспертное звено в системе информационного обеспечения процесса управления / А. А. Носенков, Р. П. Туркенич // НТИ. 1982. Сер. 1. № 6.

4. Носенков, А. А. Структурно-функциональное построение экспертного звена контура управления процессом создания сложных технических систем / А. А. Носенков, Р. П. Туркенич. М., 1982. Деп. в ЦНТИ «Поиск», № 035-2955.

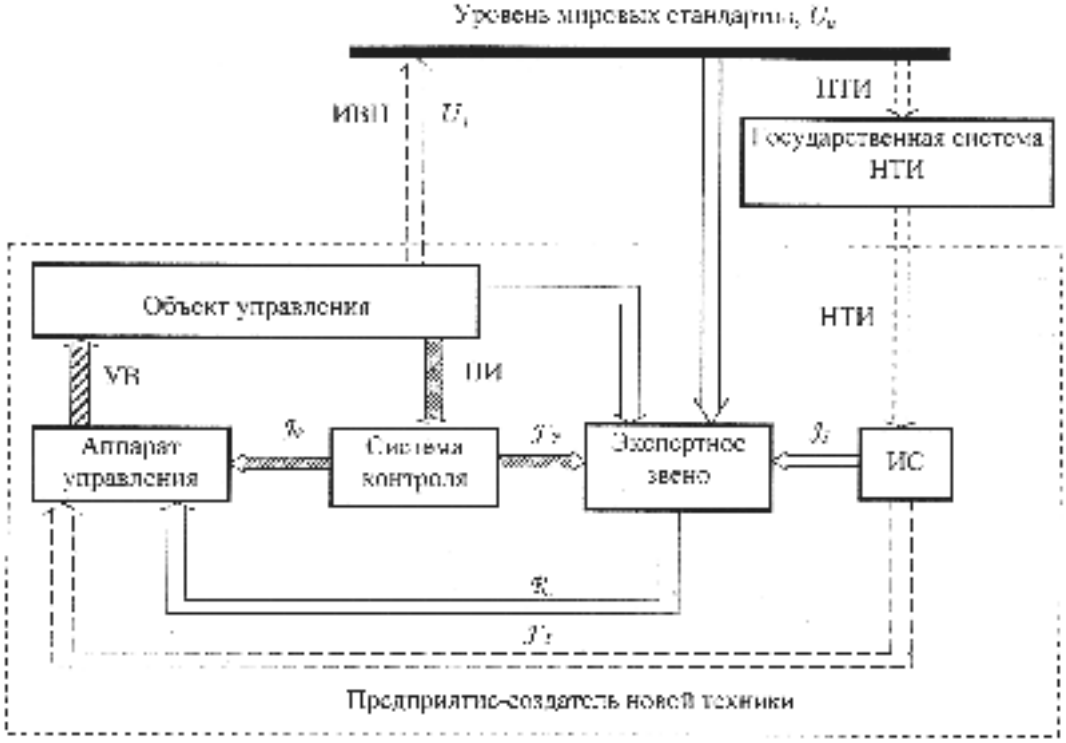


Рис. 4. Многоконтурная система информационного обеспечения

R. P. Turkenich

STRUCTURAL AND METHODOLOGICAL IMPROVEMENT OF SOFTWARE FOR THE DESIGNING PROCESSES OF SPACE TECHNIQUE UNITS

The value of software for the designing processes of space technique units, its improving problems at the present moment level are considered. The recommendations how to solve these problems are given.

Keywords: space technique, software, expert link.

УДК 62-82.001.2

А. В. Сарафанов, В. С. Ереско, А. М. Фень, С. И. Трегубов, А. С. Некрасов

ПРОБЛЕМЫ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Представлен один из способов проектирования печатных плат в едином информационном пространстве с использованием прикладных систем автоматизированного проектирования, рассмотрены проблемы передачи информации при визуальном представлении печатного устройства его 3D-моделью. Выявлены особенности применения универсальных форматов в прикладных системах и возможности данных форматов. В заключение продемонстрирован способ получения единого информационного пространства на основе хранилищ данных системы PLM.

Ключевые слова: ЕИП, 3D-модель, проектирование, печатный узел.

Одним из наиболее сложных и наукоемких этапов жизненного цикла электронных средств (ЭС) (устройств) является этап проектирования. На нем определяются и закладываются основные показатели надежности и качества изделий. Следовательно, конкурентоспособность создаваемых ЭС, можно обеспечить только за счет повышения эффективности управления данными на этапе проектирования.

Задачами специалиста на этом этапе помимо разработки ЭС являются своевременное отслеживание изменений и обеспечение единого информационного пространства (ЕИП), необходимые для осуществления непрерывной информационной поддержки изделия (ИПИ). Взаимодействие между созданными на основе ИПИ-технологий PLM-системами и различными САПР основано либо на использовании прямого интерфейса связи, либо на применении нейтральных форматов обмена информацией.

Проблема передачи информации в различные прикладные пакеты для визуализации конструкции устройства в его 3D-модели заключается в следующем: многие CAD- и CAE-системы рассчитаны на использование в машиностроительной области, в то время как область электроники и микроэлектроники нуждается в привлечении дополнительных пакетов САПР. Например, для разработки печатного узла радиоприемника должны быть привлечены, как минимум, два пакета: ECAD для разработки топологии печатной платы и электрической принципиальной схемы и CAD для разработки конструктива корпуса печатного узла радиоприемника.

Появление PLM-систем не разрешило проблему использования различных пакетов САПР и совместимости их форматов, да и нейтральные форматы не всегда полноценно представляют данные о разработке. И только развитие интегрированных информационных систем, основанных на CALS-технологиях, наконец позволило производить комплексное проектирование ЭС средствами EDA-, CAD-, CAE-систем.

Базовое конструктивное построение современных ЭС основано на модульном принципе реализации. Модулем устройства называется элемент – печатный узел (ПУ), который несет на себе всю функциональную нагрузку, возложенную на ЭС. Его характеристики в основном и определяют работоспособность всего устройства. Проектирование печатных узлов ЭС – самый трудоемкий процесс, так как при этом не только учитываются все дестабилизирующие факторы, действующие на готовое устройство, но и определяется вид технологического процесса при производстве этих узлов.

Приведем обобщенную схему этапов разработки ПУ в рамках электронного сетевого предприятия с использованием EDA-, CAD-, CAE-, PLM-систем автоматизированного проектирования и их взаимодействия в ЕИП (рис. 1). Эти САПР не являются единственными для решения указанных ниже задач, однако они достаточно популярны в среде разработчиков ЭС.

Представим основные модули пакетов САПР для использования в процессе проектирования:

1) Altium Designer (пакет EDA):

– модуль принципиальных схем (проектирование принципиальных схем);

– модуль FPGA (редактор программирования ПЛИС);

– модуль P-spice (моделирование электрических процессов);

– модуль топологии печатных плат (ПП) (топологическое проектирование);

– модуль Signal Integrity (анализ целостности сигналов, расчет параметров проводников);

– 3D-Viewer (визуализация 3D-модели ПУ с возможностью экспорта в CAD-программы);

2) Solid Works (пакет CAD):

– 3D-редактор (редактор механического проектирования);

– Solid Works Modeler for Altium Designer (интерфейс связи с EDA);

– COSMOS Works (моделирование механических процессов в конструкции ПУ методом конечных элементов);

3) программный комплекс ТРиАНА (пакет EDA):

– BoardEditor (графический редактор конструкций ЭС типа «печатный узел», «функциональная ячейка», «гибридно-интегральная схема, или микросборка»);

– Conv2triana (конвертор топологий печатных плат, интерфейс связи с EDA-системами);

4) подсистема АСОНИКА-К (пакет EDA):

– набор модулей для оценки показателей надежности электрорадиоэлементов (ЭРЭ) ПУ;

– интерфейс связи с CAD/CAE-системами (данные об используемых ЭРЭ);

5) SmarTeam (система PLM):

– модуль Smart Vault (хранилище данных);

– модуль SmarTeam–Workflow (организация бизнес-процессов).

Процесс проектирования ПУ проходит несколько этапов, исходными данными для расчета (анализа) на каждом из которых служат техническое задание (ТЗ) с описанными в нем входными электрическими сигналами и выходными характеристиками и значения режимов работы ЭРЭ, которые необходимо знать для обеспечения требований надежности. Рассмотрим эти этапы на примере проектирования ПУ как самой трудоемкой части электронного устройства (см. рис. 1).

Первым этапом является синтез аналитической модели будущего ПУ [1] и определение его структурной схемы, после чего проектирование проводится соответствующими программными средствами.

Второй этап – самый ответственный: на нем определяются идеология схемотехнического решения ПУ и выбор ЭРЭ. Данный этап реализуется в редакторе принципиальных схем программного комплекса Altium Designer, где при добавлении условного графического обозначения ЭРЭ одновременно определяются топологическая модель (внешний контур ЭРЭ) с учетом его наименования и способа размещения (установки) на ПП, SPICE-модель (электронное описание), 3D-модель через интерфейс связи с программным комплексом Solid Works. Все эти данные собраны в интегрированной библиотеке ЭРЭ.

Третий этап, наступающий после завершения проектирования принципиальной схемы, – это моделирование электрических процессов (например, анализ целостности сигналов) с помощью заранее определенных SPICE-моделей. При удовлетворительных результатах переходят к следующему этапу. Если же моделируемая схема по каким-либо параметрам не удовлетворяет ТЗ, то происходит корректировка схемы проектируемого ПУ.

Четвертый этап – формирование топологических параметров печатной платы. На этом этапе учитываются конструктивные особенности размещаемых ЭРЭ, их электромагнитная совместимость и т. д.

Следующими этапами проектирования являются параметрическое моделирование 3D-модели ПУ в программном комплексе Solid Works и ее последующий инженерный анализ (на вибрационные нагрузки, аэродинамические показатели т. д.) в приложениях COSMOS Works.

Одновременно с этими этапами результаты трассировки ПП, т. е. данные о размещении ЭРЭ на ПП, передаются в программный комплекс ТРиАНА для анализа тепловых

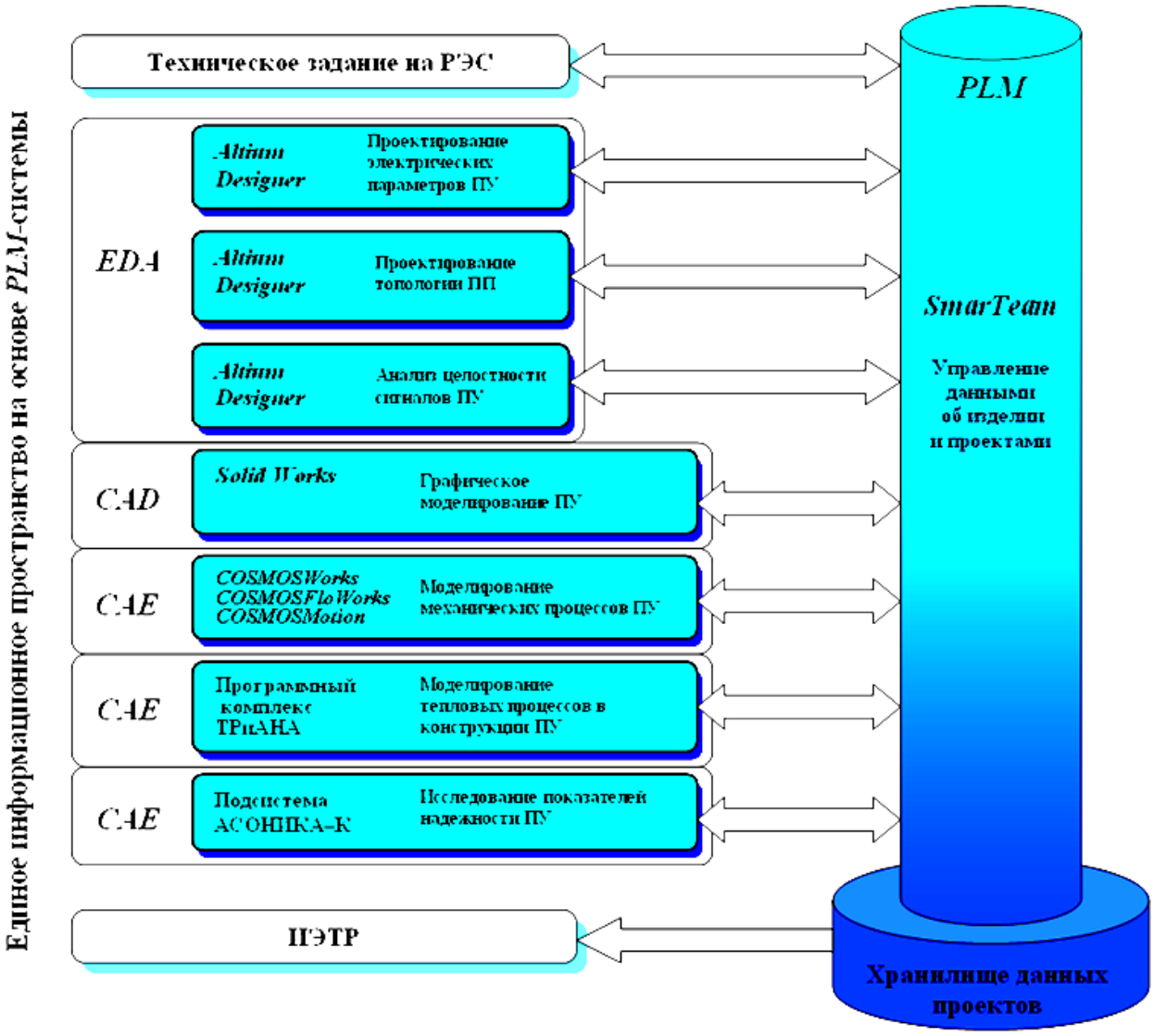


Рис. 1. Комплексное проектирование печатного узла

процессов, протекающих в конструкции ПУ, на основе учета геометрических и теплофизических параметров ЭРЭ.

При удовлетворительных результатах всех этапов проектирования итоговые данные (наименование ЭРЭ, температуры ЭРЭ, результаты инженерного анализа конструкция ПП и ПУ) поступают в подсистему АСОНИКА-К для расчета характеристик надежности элементов и ПУ в целом. При низких показателях надежности вырабатываются рекомендации по корректировке схемы и конструкции для повышения надежности ПУ с прилагаемым отчетом о проведенном анализе, что часто влечет за собой возвращение на более ранние этапы проектирования ПУ. После внесения изменений алгоритм повторяется сначала, и таких итераций может проводиться несколько, пока надежность ПУ не станет удовлетворять требованиям ТЗ.

Завершающим этапом разработки ПУ является выпуск конструкторской документации средствами программ Altium Designer и Solid Works.

Обмен данными между этапами проектирования, т. е. между группами разработчиков, осуществляется с помощью PLM-технологий на основе CALS-стандартов.

При выполнении алгоритма проектирования печатных узлов в ЕИП при работе с большими объемами информации могут возникать проблемы, в частности проблемы, связанные с передачей информации из одной системы САПР в другую без потерь.

Рассмотрим процессы передачи данных 3D-модели в различных САПР на примере печатного узла «Объектный субмодуль „Усилитель с обратной связью“». Поскольку в печатном узле самая сложная деталь – это печатная плата, то рассмотрим передачу слоев печатной платы (слой отверстий→слой маркировки→слой проводников).

Плата ПУ «Усилитель с обратной связью» имеет следующие характеристики:

– посадочные отверстия – 1 219;

– переходные отверстия – 683;

– текстовые строки – 143 (в качестве примечаний к цепям);

– печатные проводники – 3 193;

– полигоны – 2;

– компоненты – 455 (298 сверху и 157 снизу);

– размеры печатной платы – 233,35 Ч 148,84.

Рассмотрим эксперимент по передаче данных при помощи эскизного перестроения в форматах DWG, DXF и последующего вытягивания объекта (слоя) средствами пакета Solid Works. Объемы данных, приходящихся на каждый слой печатной платы, приведены в таблице.

В ходе проведения эксперимента выяснилось, что печатная плата до перенасыщения ее примитивами соответствует своему внешнему виду, но не имеет ни одного отверстия (рис. 2). Такая модель полезна при создании сборочных чертежей печатного узла и чертежей печатной платы по ЕСКД, так как имеет все особенности и грани реальной печатной платы.

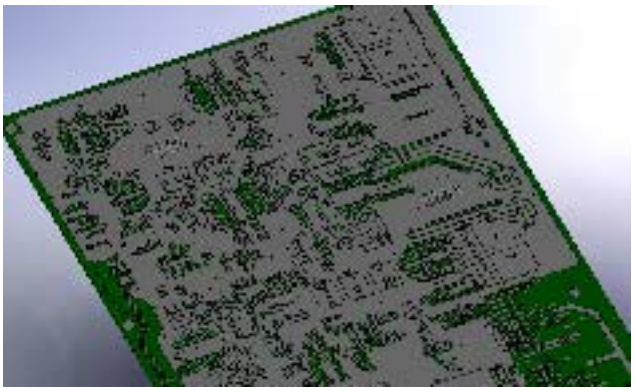


Рис. 2. Визуализация 3D-модели печатной платы

Размеры слоев ПП в пакете Solid Works

Название операции	Назначение	Общий размер, кБ	Примечания
PcbOutlineFeature	Слой ядра платы	82 (82)	–
TopTracks include TopPads	Верхние проводники, включая верхние металлизированные отверстия	6 913 (6 995)	–
BottomTracks include BottomPads	Нижние проводники, включая нижние металлизированные отверстия	7 750 (14 745)	–
TopOverlay	Верхняя маркировка	4 877 (19 622)	–
BottomOverlay	Нижняя маркировка	11 140 (30 762)	Solid Works превысил ресурсы системы на Windows Vista*
TopOverlayText	Верхний текст	26 329 (57 091)	–
BottomOverlayText	Нижний текст	22 289 (79 380)	–
TopPolygons	Верхние полигоны (GNA)	33 750 (112 950)	Соответствует трассировке платы
BottomPolygons	Нижние полигоны (GND)	12 655 (12 5605)	Соответствует трассировке платы**
PlatedHoles	Металлизированные отверстия	–	Перенасыщение печатной платы примитивами и превышение системных ресурсов
NonPlatedHoles	Неметаллизированные отверстия	–	
ViaHoles	Переходные отверстия	–	

* Эксперимент продолжен на платформе Windows XP Sp 2.

** На этом этапе плата соответствует своему реальному виду, если все посадочные отверстия заняты.

Последующее поочередное вытягивание слоев ПП приводит к перенасыщению детали примитивами, превышающему пределы, заявленные разработчиком программного продукта (10 000 штук в режиме большой сборки). Например, файл с 3D-моделью шестигранного болта с высоким разрешением занимает около 282 кБ. Следовательно, достичь соответствия платы своему реальному виду при таком построении невозможно, поэтому ее нужно упростить.

При построении печатных узлов проводятся различные тесты (симуляции), которым необходима 3D-модель изделия в работе, но эта модель может не содержать несколько слоев, например слой полигонов или слой проводников, она также может не содержать и слой текста, например если ее проверяют на вибро- или ударостойкость.

С другой стороны, при использовании в передаче данных универсальных форматов STEP, IGES, IDF, приходится сталкиваться с проблемами того же рода, что и при послойном вытягивании ПП. Например, при передаче информации в пакет Solid Works из пакета Altium Designer полную 3D-модель печатного узла невозможно передать без потери информации.

Встроенное графическое ядро пакета Altium Designer легко справляется с выводом на экран и расчетом граней при перестроении печатных плат и узлов. Но это ядро не позволяет производить редактирование платы в 3D-режиме, хотя этот пакет в целом может редактировать элементы на печатной плате и ее топологию, что влечет за собой и перестроение 3D-модели ПУ.

Графическое ядро пакета Altium Designer позволяет экспортировать полученные 3D-модели печатных плат и узлов в другие программы при помощи таких свободных форматов, как STEP и IGES, или же выводить данные через условный формат IDF. Если в пакете Altium Designer имеются все библиотеки, полагающиеся всем элементам передаваемого узла, то после конвертации будет получена готовая 3D-модель печатной платы для формирования сборочных чертежей в конструкторской документации. Однако при конвертации больших объемов элементов на печатной плате могут возникнуть проблемы в динамических библиотеках.

При конвертации данных из условного формата IDF условное изображение печатной платы передается без отверстий, маркировки и посадочных мест (рис. 3), но с элементами, расположенными на плате. И здесь возникает проблема, что названия 3D-моделей элементов при передаче через этот формат должны совпадать с названиями 3D-моделей в пакете Solid Works, иначе конвертер заменяет несовпадающие элементы на условные модели. Размер всех файлов в сборке Solid Works на рис. 3 равен 7 033 кБ, что значительно меньше, чем отображение всех особенностей печатной платы при ее послойном вытягивании.

Передача данных через универсальный формат STEP происходит достаточно долгое время по сравнению с передачей через формат IDF или через послойное вытягивание слоев печатной платы и также может привести к превышению системных ресурсов. Поэтому разработчики пакета Altium Designer упростили отображение печатной платы только до ядра печатной платы и отверстий в нем (рис. 4). При таком построении все файлы сборки печатной платы занимают всего 2 550 кБ.

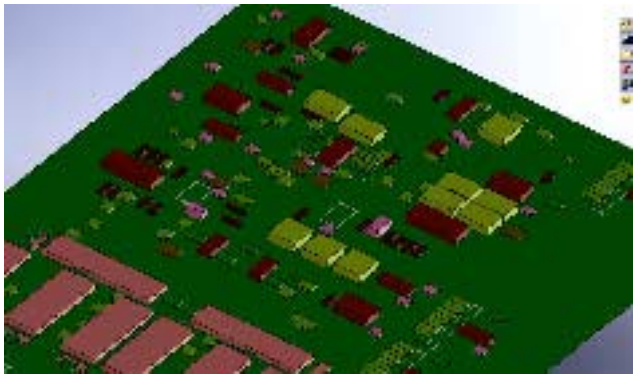


Рис. 3. Визуализация ПУ при конвертации топологии печатной платы через формат IDF

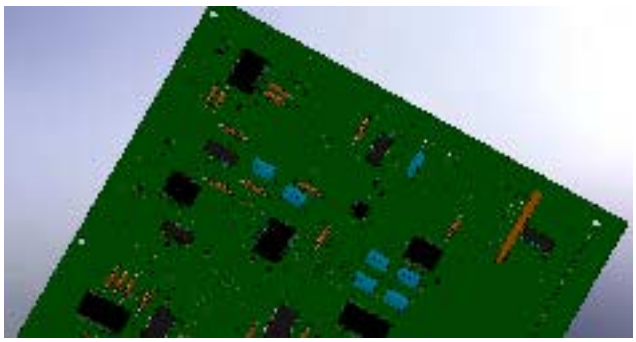


Рис. 4. Визуальное отображение печатного узла при использовании формата STEP

Исходя из сказанного выше, можно представить передачу данных через различные форматы для достижения наилучшей производительности системы или наилучшего визуального отображения сборки печатного узла. Например, послойное вытягивание эскизов печатной платы в форматах DXF и DWG и затем замена ее модели при передаче через формат IDF хотя и не являются полностью автоматизированными, но помогают достичь наилучшего визуального отображения печатного узла на данном этапе проектирования (рис. 5).

Рассмотренные выше проблемы передачи данных, которые усложняют работу алгоритма сквозного проектирования в едином информационном пространстве и делают невозможной параметрическую связь вне одного пакета, могут быть решены при помощи автоматизации процесса передачи данных о визуальном представлении печатного узла как самого сложного элемента в конструкторской документации, хотя прикладные пакеты, ориентированные на выпуск механических продуктов, не в полной мере отражают объем данных, необходимый для подготовки электронных печатных узлов.

Для выпуска конструкторской документации по ЕСКД 3D-модель как таковая не требуется, но ее наличие необходимо для создания сборочных чертежей, соответствующих требованиям ЕСКД, и обеспечения параметрических связей. Эта модель также нужна для отслеживания изменений топологии печатной платы, изменения конструктива корпуса печатного узла или для проверки на совместимость пе-

чатного узла с разработанным конструктивом корпуса. Кроме того, 3D-модели стали неотъемлемой частью различных тестов, которым подвергаются бортовые ЭС, устройства военного назначения и системы жизнеобеспечения гражданского использования, т. е. устройства, к которым предъявляются повышенные требования по надежности и качеству.

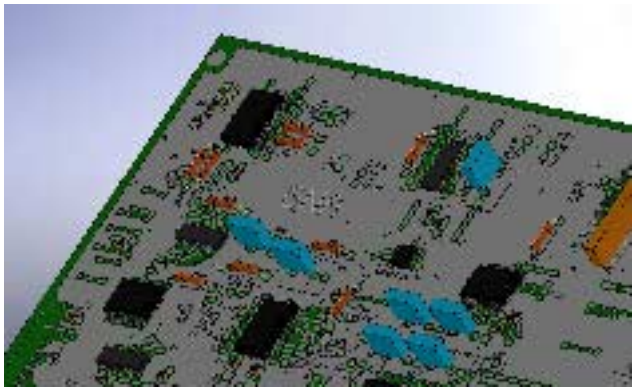


Рис. 5. Визуальное отображение печатного узла при использовании форматов DXF и IDF

В этом плане наиболее перспективным, на наш взгляд, является информационный обмен в рамках ЕИП, который обеспечивается подходом CALS. В этом случае можно свести к минимуму бумажный документооборот для более производительного использования квалифицированных проектировщиков ЭС.

Функционирование единого информационного пространства и взаимодействие EDA-, CAD-, CAE-систем САПР обеспечивается PLM-технологиями, на основе которых могут создаваться электронные сетевые предприятия.

Библиографический список

1. Жаднов, В. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств / В. В. Жаднов, А. В. Сарафанов. М. : Солон-Пресс, 2004.

A. V. Sarafanov, V. S. Eresko, A. M. Fen, S. I. Tregubov, A. S. Nekrasov

PROBLEMS OF DESIGNING 3D-MODELS OF PRINTED KNOTS FOR ELECTRONIC DEVICES

One of the ways of designing printed boards and elements in single information space using applied systems of automation of design is presented. It considers transfer problems of visual representation of printed device by its 3D-model. Also considered number of features of usage universal format in application systems and testing of its possibilities. In addition the method of reception single information space based on PLM vault is considered.

Keywords: SIP, 3D-model, design, printed circuit knot.

УДК 621.001.05

С. В. Доронин, Д. В. Косолапов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКА РЕСУРСА ПРИ УДАРНО-ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Предложен и реализован методический подход к оценке ресурса деталей машин при ударно-циклическом нагружении, основанный на совместном использовании корректированной линейной гипотезы накопления усталостных повреждений и методов схематизации нестационарных нерегулярных процессов нагружения, получаемых вычислительным моделированием методом конечных элементов.

Ключевые слова: ударно-циклическое нагружение, ресурс, моделирование.

Численный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей машин и элементов конструкций при их проектировании в настоящее время методически хорошо разработан, апробирован и обеспечен современными CAD/CAE-системами. Вместе с тем задачи оценки и обеспечения не только прочности, но и ресурса деталей имеют ряд особенностей, учет которых требует детального исследования взаимосвязи НДС и интенсивности расходования ресурса.

Расчетное прогнозирование ресурса деталей и элементов машиностроительных конструкций является одной из важнейших задач, решаемых при проектировании и эксплуатации машин и оборудования во всех отраслях промышленности. Методическая и информационная база инженерных расчетов, основанная на общих представлениях о закономерностях расходования ресурса, содержит значительное число специфических моделей и алгоритмов, учитывающих отраслевую принадлежность конст-

рукций, особенности их деформирования и характерные предельные состояния. При этом если точность оценок ресурса для некоторых типов конструкций достигает приемлемого для решения практических задач уровня, то для других типов многие аспекты расчета ресурса остаются слабо разработанными, что связано со сложным характером деградационных процессов и отсутствием описывающих их достоверных моделей. К таким конструкциям относятся, в частности, детали машин, предельные состояния которых формируются в условиях ударно-циклического нагружения. Недостаточная методическая разработанность расчета ресурса при таких нагрузках обусловлена в основном тем, что следствием импульсного нагружения деталей являются их последующие свободные колебания, приводящие к циклическому знакопеременному деформированию материала. Характер НДС этих деталей является весьма сложным, поскольку он развивается во времени при распространении и отражении от всех поверхностей детали волн деформаций и их взаимодействии. Разрушение материала в данном случае связано с накоплением усталостных повреждений.

Таким образом, возникает задача разработки, апробации и использования в инженерной практике методического подхода к оценке ресурса деталей машин и элементов конструкций, разрушающихся вследствие накопления усталостных повреждений при ударно-цикличесском нагружении.

Теоретической и методической основой разработанного авторами подхода являются широко известные и апробированные корректированная линейная гипотеза накопления усталостных повреждений [1] и методы схематизации нестационарных нерегулярных процессов нагружения [1], получаемых вычислительным моделированием с учетом конструктивной формы деталей, кинематических и энергетических характеристик машин.

В соответствии с корректированной линейной гипотезой ресурс детали, выраженный числом блоков нагружения λ до появления трещины, составляет

$$\lambda = \frac{a_p \sigma_{-1д}^m N_G}{\sum\limits_{\sigma_{ai} \geq \sigma_{-1д}} \sigma_{ai}^m \nu_{i\,\sigma}}, \qquad (1)$$

где a_p – корректированное значение суммы относительных долговечностей, соответствующее предельному повреждению; $\nu_{i\sigma}$ – число циклов повторения амплитуд σ_{ai} в i-м блоке нагружения; m – показатель наклона кривой усталости в двойных логарифмических координатах; $\sigma_{-1д}$ – предел выносливости с учетом конструктивно-технологических факторов; N_G – абсцисса точки перелома кривой усталости.

Величины a_p, m, $\sigma_{-1д}$, N_G определяются экспериментально при скоростях нагружения образцов, соответствующих скоростям соударения деталей. При отсутствии экспериментальных данных предварительные оценки могут быть получены при использовании обобщенных расчетных значений этих величин.

Оценки величин σ_{ai} и $\nu_{i\sigma}$ для нестационарных нерегулярных процессов $\sigma = f(t)$ изменения напряжений у во времени t могут быть получены путем их схематизации одним из известных методов, среди которых наиболее предпочтительным принято считать метод полных циклов [1].

Рассмотрим далее особенности и условия вычислительного моделирования процессов нагружения, связанные с получением оценок ресурса на базе корректированной линейной гипотезы и методов схематизации. При этом следует иметь в виду, что в данной статье под процессом нагружения понимается процесс изменения напряжений во времени $\sigma = f(t)$ в некоторой потенциально опасной с точки зрения возникновения усталостной трещины локальной зоне детали, и тогда оценка ресурса соответствует именно этой локальной зоне. Таким образом, в детали могут быть рассмотрены несколько потенциально опасных зон (в первую очередь конструктивных концентраторов напряжений) с оценкой ресурса для каждой из них.

Эти особенности и условия связаны с тем, что в основу методики оценки ресурса положено получение модели процесса $\sigma = f(t)$ методом конечных элементов (МКЭ), позволяющим снять ограничения, накладываемые на конструктивную форму деталей другими известными расчетными схемами. При всей общности подхода к моделированию систем с распределенными параметрами МКЭ предполагает выбор ряда характеристик вычислительного процесса в зависимости от исследуемого объекта. По выбору этих характеристик однозначных рекомендаций не существует, они обосновываются преимущественно путем вычислительных экспериментов и являются оптимальными или рациональными только для объектов рассматриваемого класса и применяемых при их описании типов расчетных схем.

При расчете НДС деталей машин импульсного действия решаются дифференциальные уравнения движения деформируемого тела в перемещениях следующего вида:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = \{g(t)\}, \qquad (2)$$

где $[M]$, $[K]$ – матрицы масс и жесткости системы соответственно; $\{\ddot{x}\}$, $\{x\}$ – векторы узловых ускорений и перемещений соответственно; $\{g(t)\}$ – вектор узловых усилий. Для адекватного описания характера деформирования применяется модель упруго-пластического тела. В качестве уравнения состояния материала, т. е. определяющего уравнения, используется аппроксимация экспериментальной диаграммы деформирования, учитывающей эффекты задержки пластической деформации при достижении предела текучести и последующего его всплеска [2]. Характеристики смоделированного процесса $\sigma = f(t)$ в значительной степени зависят от шага интегрирования Δt уравнения (2).

Теоретически выбор шага Δt неоднозначен и связан с одновременным учетом частот собственных колебаний и нелинейного поведения конструкции, эффектов распространения волн деформаций, доступных вычислительных ресурсов, а также ряда других факторов. С уменьшением шага интегрирования увеличивается степень соответствия смоделированного процесса нагружения реальному, но при этом резко возрастают объем и длительность расчетов, что оказывается критичным даже для современных средств вычислительной техники. В связи с тем что в данном случае смоделированный процесс $\sigma = f(t)$ не является самостоятельным объектом исследования, а представ-

ляет интерес с позиций его схематизации, учитывающей в первую очередь количество экстремумов процесса и размах напряжений между ними, оценку повреждающего воздействия и ресурса в соответствии с (1), обоснуем рациональную величину шага интегрирования с помощью следующих рассуждений.

Рассмотрим реальный процесс нагружения $\sigma = f(t)$ в сравнении с процессами, смоделированными при различных величинах шага интегрирования Δt (рис. 1). С уменьшением шага интегрирования смоделированный процесс становится все более детализированным, приближаясь по форме к реальному, и начинает содержать большее число экстремумов. Например, в интервале времени $[t_B; t_C]$ процесс, смоделированный с шагом $\Delta_1 t$, не содержит экстремумов, при шаге $\Delta_2 t$ этот процесс содержит один экстремум, а при шаге $\Delta_3 t$ – уже два экстремума (экстремумы в граничных точках t_B и t_C диапазона не учитываются).

Однако не все экстремумы напряжений вносят свой вклад в накопление повреждений и расходование ресурса, поскольку с увеличением их числа средние значения σ_{ai} уменьшаются и смоделированный процесс, в соответствии с выражением (1), содержит все меньше циклов амплитуд $\sigma_{ai} \geq \sigma_{-1д}$. Кроме того, при достаточно малом шаге интегрирования в смоделированном процессе перестают появляться новые экстремумы и повреждающее действие процесса нагружения не изменяется. Так, процессы $\sigma = f(t)$, смоделированные на интервале времени $[0; t_A]$ с шагом $\Delta_3 t$ и $\Delta_4 t$, обладают одинаковым повреждающим воздействием и приводят к неизменным оценкам ресурса. Таким образом, уменьшение величины шага интегрирования ниже некоторого рационального значения $\Delta_p t$ приводит к дальнейшим затратам вычислительных ресурсов и увеличению соответствия смоделированного процесса $\sigma = f(t)$ реальному, но не повышает точность оценки ресурса λ. По мере уменьшения величины шага Δt расчетный ресурс λ снижается, как и интенсивность этого снижения, достигая стабильных значений $\lambda \to \lambda_p$ при $\Delta t \to \Delta_p t$ (см. рис. 1).

С учетом вышесказанного для выбора шага интегрирования уравнения (2) в задачах, конечным результатом решения которых являются оценки ресурса деталей, может быть предложено проведение дополнительной вычислительной процедуры, обеспечивающей учет повреждающего воздействия большинства экстремумов, характерных для реального процесса нагружения.

В разработанной авторам и конечно-элементной модели конструкции решение уравнения (2) выполняется многократно при варьировании шага интегрирования Δt. При каждом решении получается нерегулярный процесс нагружения $\sigma = f(t)$, схематизируемый методом полных циклов. При подстановке определенных при этом значений σ_{ai} и $\nu_{i\sigma}$ в уравнение (1) вычисляются соответствующие оценки ресурса λ, которые в данном случае зависят от величины шага интегрирования. Таким образом, на каждой j-й итерации варьирования Δt получаются пары значений $\Delta_j t - \lambda_j$, по которым строится зависимость $\lambda = h(\Delta t)$. Анализ чувствительности последнего выражения позволяет установить ту величину шага Δt, при которой наблюдается стабилизация оценок ресурса λ. Эта величина должна быть такой, чтобы уменьшение шага интегрирования в k раз приводило к изменению ресурса не более чем на величину p. При этом процедура выбора шага интегрирования сводится к последовательному уменьшению Δt на каждой следующей итерации $\Delta_{j+1} t = \Delta_j t / k$, где $\Delta_j t$ – шаг интегрирования на предыдущей итерации, до выполнения условия $(\lambda_{j+1} - \lambda_j) / \lambda_j \leq p$. Величина p зависит от требуемой точности оценки ресурса и обычно может быть принята на уровне 3…5 %. С увеличением величины k уменьшается как число итераций, так и точность получаемой зависимости $\lambda = h(\Delta t)$. Принятие $k = 2$, как правило, обеспечивает приемлемые объем и точность вычислений.

Описанная выше процедура позволяет смоделировать процесс, порождаемый одиночным соударением. Кроме обоснования величины Δt, обеспечивающей моделирование процесса $\sigma = f(t)$ с требуемым уровнем детализации, дополнительного рассмотрения требуют следую-

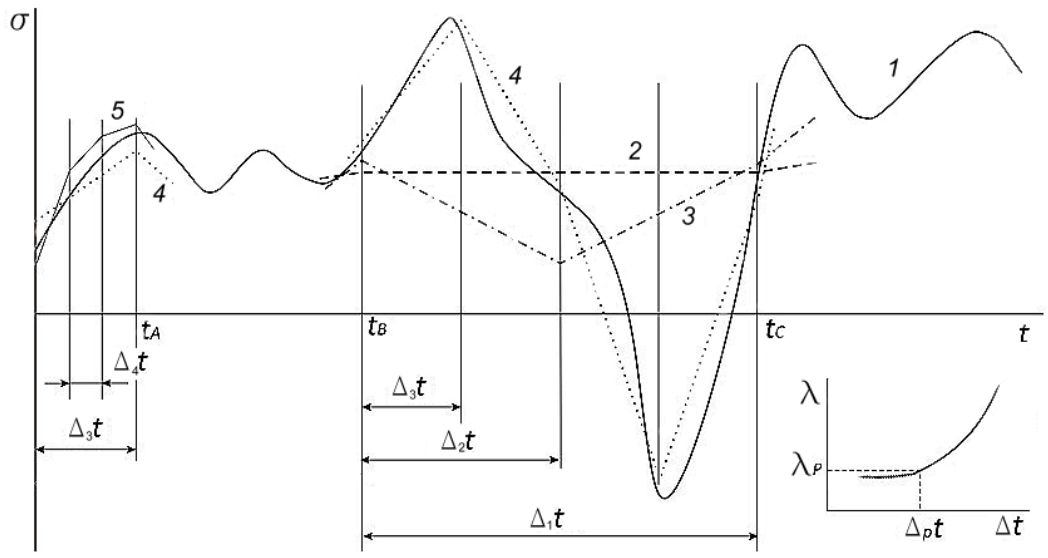


Рис. 1. Схематизация реального процесса нагружения (*1*) процессами, смоделированными при шаге интегрирования $\Delta_1 t$ (*2*), $\Delta_2 t$ (*3*), $\Delta_3 t$ (*4*), $\Delta_4 t$ (*5*)

щие важные факторы: характер и интенсивность затухания процессов $\sigma = f(t)$ и взаимодействие этих процессов, порождаемое отдельными соударениями деталей.

Необходимость в анализе и учете характера затухания процесса $\sigma = f(t)$ обусловлена очевидным снижением амплитуд и размахов напряжений с течением времени после приложения ударного импульса. Благодаря этому по достижении некоторого момента времени t^* повреждающее действие процесса $\sigma = f(t)$ значительно уменьшается, а после момента времени t^{**}, когда все амплитуды σ_{ai} оказываются меньше $\sigma_{-1д}$, прекращается вовсе (рис. 2). Учет повреждающего действия процесса после момента времени t^* требует дополнительного объема вычислений, не оказывая при этом ощутимого влияния на оценку ресурса. Отсюда становится понятным, что выбранной на предыдущем этапе рациональной величины шага интегрирования $\Delta_p t$ достаточно для осуществления аналогичной по сути вычислительной процедуры, сводящейся к варьированию величины t_j, получению соответствующих оценок ресурса λ_j, построению зависимости $\lambda = s(t)$ по парам значений $t_j - \lambda_j$ и определению такого значения $\lambda^* = \lambda_{j+1}$ на $(j+1)$-й итерации, при котором $(\lambda_{j+1} - \lambda_j) / \lambda_j \le p$, откуда и находится величина t^* (рис. 2).

Таким образом, моделирование процесса $\sigma = f(t)$ с шагом интегрирования $\Delta_p t$ в течение времени t^* после начала приложения ударного импульса позволяет получить оценки ресурса с приемлемой точностью при минимальных объеме вычислений и затратах времени. При этом оказываются учтенными все особенности процесса нагружения, обусловленного единичным соударением деталей. Процесс $\sigma = f(t)$ на интервале времени от начала соударения до t^* можно рассматривать в качестве блока нагружения, а ресурс λ измерять количеством N соударений деталей.

Для виброударных систем, в которых частота соударений соизмерима с частотой собственных колебаний взаимодействующих элементов, промежуток времени между ударами в большинстве случаев больше времени, необходимого для затухания колебаний, что позволяет рассматривать процесс нагружения как последовательность независимых ударов. Если частота собственных колебаний деталей намного больше частоты соударений, то необходим дополнительный анализ взаимодействия отдельных соударений.

Процессы нагружения, вызванные отдельными соударениями деталей, можно считать независимыми при $t_п >> t^{**}$, где $t_п$ – периодичность приложения ударного импульса (см. рис. 2). В противном случае необходим учет взаимодействия процессов нагружения, порожденных соседними во времени соударениями, поскольку «хвосты» процесса $\sigma = f(t)$, не учитываемые при $t > t^*$ как не оказывающие повреждающего воздействия, суммируются с процессом $\sigma = f(t)$ от последующего соударения на интервале времени $t > t_п$ и могут привести к увеличению амплитуд напряжений, числа экстремумов и повреждающего действия этого процесса. И тогда суммирование напряжений, порождаемых каждой волной деформаций, приводит к получению выражения для нерегулярного процесса изменения интенсивности напряжений во времени для рассматриваемой локальной зоны детали:

$$\sigma_\Sigma(t) = \sum_{l=1}^{n} \sigma_l(t), \qquad (3)$$

где $\sigma_l(t)$ – процесс нагружения, порождаемый l-й волной деформации; n – количество ударных импульсов за анализируемый промежуток времени. Здесь в качестве блока нагружения следует рассматривать периодически повторяющуюся часть процесса $\sigma_\Sigma(t)$ на интервале времени между последовательными соударениями деталей, а ресурс, как и в случае невзаимодействующих процессов $\sigma = f(t)$, измерять количеством N соударений деталей.

Применение формулы (3) оправданно в случае упругого характера деформирования рассматриваемой локальной конструктивной зоны. При появлении упругопластических эффектов необходимо моделировать процесс $\sigma = f(t)$ при нагружении детали последовательностью ударных импульсов.

Описанный в данной статье методический подход можно рассматривать как исследование рациональных

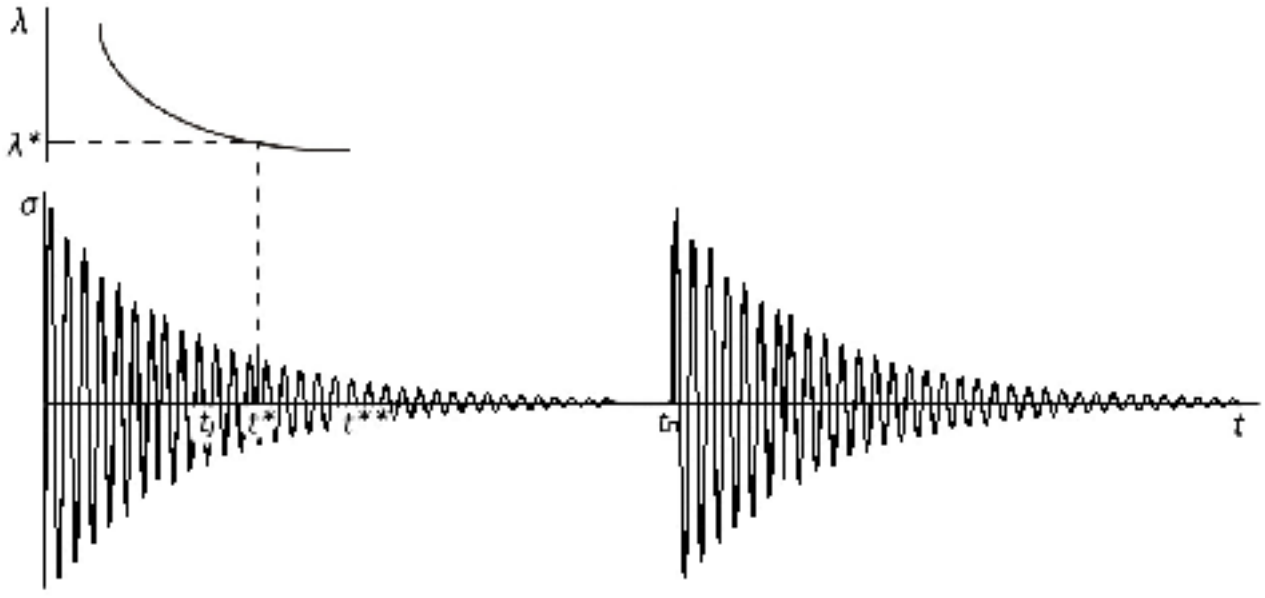


Рис. 2. Оценка ресурса с учетом затухания колебаний напряжений

характеристик вычислительного процесса, осуществляемое для деталей и элементов конструкций определенного класса. Полученные результаты могут быть положены в основу расчета всех деталей с аналогичными конфигурацией и условиями нагружения.

В настоящее время накоплен достаточно большой опыт расчетов НДС и ресурса деталей погружных пневмоударников [3]. Это позволяет рекомендовать рассмотренный выше подход к апробации в проектных расчетах деталей других типов, применяемых в машинах импульсного действия.

Библиографический список

1. Когаев, В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В. П. Когаев. М. : Машиностроение, 1993.

2. Погодин-Алексеев, Г. И. Динамическая прочность и хрупкость металлов / Г. И. Погодин-Алексеев. М. : Машиностроение, 1966.

3. Доронин, С. В. Оценка конструктивных решений и расчетное обоснование рациональных параметров деталей машин ударного действия для разрушения горных пород / С. В. Доронин, Д. В. Косолапов // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 10. С. 47–53.

S. V. Doronin, D. V. Kosolapov

STRESS-STRAIN STATE MODELING AND LIFETIME AT PERCUSSIVE-CYCLIC LOADING ESTIMATION

The methodical approach to lifetime estimation of machines details at percussive-cyclic loading is offered. The realization is based on sharing the corrected linear hypothesis of tireless damages accumulation and schematization the irregular transitional loading processes methods, calculated by the finite elements method.

Keywords: percussive-cyclic loading, lifetime, modeling.

УДК 681.51

А. Т. Когут

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ С ПРИБЛИЖЕННЫМИ АЛГОРИТМАМИ ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОДНИМ КЛАССОМ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрена методика синтеза локальных регуляторов при управлении многомерными объектами, содержащими несколько нелинейных элементов. Исследована устойчивость замкнутых систем при реализации приближенных алгоритмов формирования управляющих воздействий. Проведен сравнительный анализ полученных аналитических выражений и результатов имитационного моделирования.

Ключевые слова: объект, модель, система, регулятор, алгоритм, устойчивость.

Задача исследования процессов управления в нелинейных системах вторым методом Ляпунова остается и в настоящее время достаточно актуальной [1], особенно если объект описывается многомерными моделями. В этом случае рекомендуется разделять сложную систему на подсистемы и для каждой из них решать локальную задачу управления, а затем объединить их по условию обеспечения требуемого движения всей системы [2]. Законы управления для каждой из подсистем отыскиваются по условиям устойчивости, полученным на основе локальных функций Ляпунова, для полной системы применяется векторная функция Ляпунова.

В данной статье автором предлагается не разделять общую желаемую траекторию на локальные, что не всегда возможно, особенно в системах пространственного движения, а использовать в качестве модели объекта такие переменные состояния, у которых каждая координата зависит не более чем от одного управления. Для этих целей можно применять, например, преобразование Луенбергера [3]. Синтез алгоритмов управления в этом случае осуществляется исходя из условия обеспечения устойчивости желаемого движения на основе достаточно известных и хорошо изученных скалярных функций Ляпунова [4]. Траекторное управление тогда сводится к обратной задаче динамики [3], которую можно решать с помощью приближенных методов, построенных на линеаризации и использующих первые [5] и вторые производные достаточно гладкой нелинейной функции [6].

Постановка задачи. Пусть стационарная нелинейная система описывается уравнениями

$$\dot{y}(t) = A\,y(t) + B\,\varphi\big[u(t)\big],\ y(0) = y_0, \qquad (1)$$

$$e(t) = g(t) - y(t), \qquad (2)$$

$$u(t) = C\,e(t). \qquad (3)$$

Здесь $y(t)$, $u(t)$, $e(t)$ и $g(t)$ – n-мерные векторы состояния, управления, ошибки и входного воздействия соответственно, поэтому все рассматриваемые в данной статье матрицы имеют размер $n \times n$. Собственные значения си-

стемной матрицы A имеют отрицательные вещественные части, т. е. линейная часть (ЛЧ) объекта устойчива. Матрица B – диагональная с ненулевыми элементами b_i $(i = \overline{1, n})$, и если в конкретной системе число управлений меньше n или некоторый вектор u_j не влияет на объект, то соответствующий элемент $b_j = 0$. Матрица C задает коэффициенты передачи регулятора.

Вектор-функция $\varphi[u(t)]$ состоит из элементов $\varphi_i[u_i(t)]$, удовлетворяющих условиям

$$\varphi_i(0) = 0,\ u_i\varphi_i(u_i) > 0 \ \text{ при } u_i \neq 0,$$
$$\varphi_i(u_i) \in C^2,\ i = \overline{1, n}. \qquad (4)$$

Допустим, что для получения алгоритмов функционирования устройства управлении (УУ) используется следующая методика синтеза систем непрерывного траекторного управления. Пусть желаемой траекторией движения является n-мерная вектор-функция $\dot{g}(t)$, а для скорости изменения вектора состояния $\dot{y}(t)$ должно выполняться условие $\dot{y}(t) = \dot{g}(t)$. Поэтому, следуя методу обратной задачи динамики [5], подставим $\dot{g}(t)$ вместо $\dot{x}(t)$ в уравнение модели объекта (1). В полученном выражении при заданном $\dot{g}(t)$ и наблюдаемом $x(t)$ неизвестное управление $u(t)$ будет являться аргументом нелинейной функции $\varphi(u)$. В явном виде $u(t)$ можно вычислить, применяя для $\varphi(u)$ полиномиальную аппроксимацию [6], формулы линеаризации которой учитывают и высшие производные.

Основным требованием к замкнутым системам при реализации в УУ предлагаемых автором алгоритмов является обеспечение устойчивости процессов управления. Для этого вначале получим условие устойчивости при управлении непрерывным объектом (1) линейным регулятором общего вида (3), а затем распространим его на частные случаи формирования $u(t)$ приближенными методами первого и второго порядков.

Анализ устойчивости систем траекторного управления. Траекторное управление, при котором требуется отработка выходной переменной $y(t)$ заданного движения $g(t)$, относится к вынужденным режимам. Покажем, что устойчивость таких систем автоматизированного управления (САУ) можно исследовать так же, как и устойчивость автономных систем.

Способность системы отслеживать траекторию $g(t)$ полностью определяется динамическими свойствами ее линейной части. Например, если частотная характеристика ЛЧ является фильтром нижних частот, то высокочастотные составляющие сигнала $g(t)$, находящиеся за пределами полосы пропускания, подавляются, а на выходе будет присутствовать только низкочастотная часть спектра воздействия $g(t)$.

Следовательно, динамические свойства систем можно исследовать при формировании желаемой траектории $g(t)$ некоторой эталонной моделью, описываемой уравнением

$$\dot{g}(t) = A\,g(t),\ g(0) = g_0. \qquad (5)$$

Допустим, что степень близости процесса $y(t)$ к траектории $g(t)$ оценивается n-мерным вектором разности

$$x(t) = y(t) - g(t). \qquad (6)$$

Тогда после дифференцирования левой и правой частей выражения (6) и подстановки вместо $\dot{y}(t)$ и $\dot{g}(t)$ формул (1) и (5) соответственно получим уравнения модели и устройства управления для новых переменных состояния $x(t)$:

$$\dot{x}(t) = A\,y(t) + B\,\varphi(u),\ x(0) = x_0, \qquad (7)$$
$$u(t) = -C\,x(t). \qquad (8)$$

Исследование устойчивости стационарной автономной системы (7) с несколькими нелинейными элементами рекомендуется проводить с помощью функции Ляпунова вида [4]

$$V(x) = x^T L\,x + \sum_{i=1}^{n} q_i \int_0^{u_i} \varphi(\xi_i)\,d\xi_i. \qquad (9)$$

Здесь $L = L^T > 0$ – положительно определенная матрица, q_i $(i = \overline{1, n})$ – произвольные положительные числа, и для характеристик нелинейных элементов $\varphi_i(u_i)$ должны выполняться условия (4).

Производная по времени $\dot{V}(x)$ будет

$$\dot{V}(x) = \dot{x}^T L\,x + x^T L\,\dot{x} + \sum_{i=1}^{n} q_i\,\varphi_i(u_i)\,\dot{u}_i.$$

Допустим, что Q – диагональная матрица с ненулевыми элементами q_i $(i = \overline{1, n})$, тогда

$$\dot{V}(x) = \dot{x}^T L\,x + x^T L\,\dot{x} + \dot{u}^T Q\,\varphi(u). \qquad (10)$$

Скорость изменения управления $\dot{u}$ в силу (8) равна $-C\,\dot{x}$, поэтому после подстановки в соотношение (10) формулы (7) и ряда преобразований получим

$$\dot{V}(x) = x^T\left(A^T L + L\,A\right)x + \\ +\varphi^T(u)\,B^T L\,x + x^T L\,B\,\varphi(u) - \\ -x^T A^T C^T Q\,\varphi(u) - \varphi^T(u)\,B^T C^T Q\,\varphi(u).$$

Введем матричное обозначение $A^T L + L\,A = -P$ и сделаем следующие скалярные преобразования:

$$\varphi^T(u)\,B^T L\,x + x^T L\,B\,\varphi(u) = 2\varphi^T(u)\left(LB\right)^T x,$$
$$x^T A^T C^T Q\,\varphi(u) = \varphi^T(u)\,Q^T C\,A\,x.$$

Тогда производная $\dot{V}(x)$ запишется в виде

$$\dot{V}(x) = -x^T P\,x - \\ -\varphi^T(u)\,B^T C^T Q\,\varphi(u) + \\ +2\varphi^T(u)\left[\left(LB\right)^T - 0{,}5Q^T C\,A\right]x. \qquad (11)$$

Выражение (11) представляет собой квадратичную форму. Согласно теореме Ляпунова об асимптотической устойчивости, производная $\dot{V}(x)$ должна быть знакоопределенной отрицательной функцией. В соответствии с рекомендациями [4] воспользуемся критерием Сильвестра для установления положительной определенности функции $-\dot{V}(x)$. Поскольку линейная часть системы (7) устойчива, то матрица P положительно определена и первые n неравенств критерия Сильвестра выполняются. Остается потребовать, чтобы

$$\begin{vmatrix} P & \left[\left(LB\right)^T - 0{,}5Q^T C\,A\right]^T \\ -\left[\left(LB\right)^T - 0{,}5Q^T C\,A\right] & B^T C^T Q \end{vmatrix} > 0,$$

откуда

$$B^T C^T Q > \left[\left(LB\right)^T - 0{,}5Q^T C\,A\right]\times \\ \times P^{-1}\left[\left(LB\right)^T - 0{,}5Q^T C\,A\right]^T. \qquad (12)$$

Таким образом, после определения матричного коэффициента передачи регулятора C необходимо обеспе-

чить выполнение неравенства (12) путем выбора всех параметров $q_i > 0$. Тогда система траекторного управления является устойчивой и будет отрабатывать желаемые входные воздействия $g(t)$.

Определение условий устойчивости систем при формировании управления приближенными алгоритмами. В системах траекторного управления должно выполняться условие $\dot{y}(t) = \dot{g}(t)$, поэтому вместо модели (1) запишем

$$\dot{g}(t) = A\,y(t) + B\,\varphi\big[u(t)\big]. \qquad (13)$$

Допустим, что проектируется система с приближенными алгоритмами управления первого порядка, поэтому заменим вектор-функцию $\varphi[u(t)]$ при $\tau \to 0$ линейной аппроксимацией – непрерывным аналогом ряда Тейлора и получим

$$\dot{g}(t) = A\,y(t) + B\left\{\varphi\big[u(t-\tau)\big] + \Phi'_\tau\,\delta u(t)\right\}. \qquad (14)$$

Здесь Φ'_τ – матрица размером $n \times n$ первых частных производных:

$$\Phi'_\tau = \begin{bmatrix} \varphi'_{1\tau} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \varphi'_{2\tau} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \varphi'_{n\tau} \end{bmatrix}, \qquad (15)$$

где $\varphi'_{i\tau} = \partial\,\varphi_i(u)/\partial\,u_i\big|_{u=u(t-\tau)}$, $i = \overline{1,\,n}$. Вектор $\delta u(t)$ является разностью управлений

$$\delta u(t) = u(t) - u(t-\tau) \qquad (16)$$

и при $\tau \to 0$ для него справедливо, что $\delta u(t) \approx \tau\,\dot{u}(t)$.

Решение уравнения (14) представим в форме очевидной последовательности:

$$\tau\,B\,\Phi'_\tau\,\dot{u}(t) = \dot{g}(t) - A\,y(t) - B\,\varphi\big[u(t)\big],$$

$$\tau\,B\,\Phi'_\tau\,\dot{u}(t) = \dot{e}(t),$$

$$\tau\,B\,\Phi'_\tau\,u(t) = e(t), \qquad (17)$$

Окончательно алгоритм формирования управления $u(t)$ запишем в виде

$$u(t) = \big(\tau\,B\,\Phi'_\tau\big)^{-1}\,e(t). \qquad (18)$$

В уравнении (17) матрицы B и Φ'_τ имеют диагональную форму, поэтому матричное выражение (17) можно заменить системой скалярных равенств

$$\tau\,b_i\varphi'_{i\tau}\,u_i(t) = e_i(t),\ i = \overline{1,\,n},$$

откуда

$$u_i(t) = \big(\tau\,b_i\varphi'_{i\tau}\big)^{-1}\,e_i(t),\ i = \overline{1,\,n}. \qquad (19)$$

Таким образом, многомерное УУ заменяется на n локальных регуляторов, в которых реализуется независимое управление в соответствии с алгоритмом (19). Матрица C в силу формулы (3) имеет вид

$$C = \big(\tau\,B\big)^{-1}\,K^{(1)}. \qquad (20)$$

Здесь диагональные элементы матрицы $K^{(1)}$ записываются следующим образом:

$$k_i^{(1)} = \big(\varphi_{i\tau}\big)^{-1},\ i = \overline{1,\,n}. \qquad (21)$$

Определим условия устойчивости системы при реализации в локальных регуляторах приближенных алгоритмов управления первого порядка. Левая часть неравенства (12) вместо матричного произведения $B^T C^T Q$ будет содержать скалярные элементы $\tau^{-1} q_i k_i^{(1)}$, которые должны быть положительными. Поэтому при положительных τ и q_i достаточными условиями устойчивости будут являться требования, чтобы

$$k_i^{(1)} > 0 \text{ или } \varphi'_{i\tau} > 0,\ i = \overline{1,\,n}. \qquad (22)$$

Допустим, что в системе формируются приближенные алгоритмы управления второго порядка. В этом случае в соответствии с методикой полиномиальной аппроксимации [6] вместо уравнения (13) запишем

$$\dot{g}(t) = A\,y(t) + B\left\{\begin{matrix}\varphi\big[u(t-\tau)\big] + \\ +\Big[\Phi'_\tau + 0{,}5\,\Phi''_\tau\big(\delta \otimes I_n\big)\Big]\Delta u(t)\end{matrix}\right\}. \qquad (23)$$

Здесь символом $\otimes$ обозначено кронекеровское произведение матриц [3]; Φ''_τ – матрица размером $n \times n^2$ вторых частных производных:

$$\Phi''_\tau = \begin{bmatrix} \varphi''_{1\tau} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \varphi''_{2\tau} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & \varphi''_{n\tau} \end{bmatrix},$$

где $\varphi''_{i\tau} = \partial^2\varphi_i(u)/\partial\,u_i^2\big|_{u=u(t-\tau)}$, $i = \overline{1,\,n}$.

Алгоритм управления по аналогии с выражением (18) имеет следующий матричный вид:

$$u(t) = \Big\{\tau\,B\Big[\Phi'_\tau + 0{,}5\,\Phi''_\tau\big(\delta \otimes I_n\big)\Big]\Big\}^{-1}\,e(t). \qquad (24)$$

В формулы (23) и (24) входят вектор разности управлений $\Delta u(t)$, который определяется аналогично (16), и вектор $\delta = v(t) - u(t-\tau)$. При вычислении $v(t)$ по аналитическим выражениям приближенного алгоритма первого порядка для вектора δ справедлива запись

$$B\,\Phi'_\tau\dot{\delta} = \dot{g}(t) - A\,y(t-\tau) - B\,\varphi\big[u(t-\tau)\big].$$

Введем обозначение

$$f(t) = B^{-1}\left(\begin{matrix}\dot{g}(t) - A\,y(t-\tau) - \\ -B\,\varphi\big[u(t-\tau)\big]\end{matrix}\right). \qquad (25)$$

Тогда по аналогии с выражениями (17) и (19) можно записать

$$\delta_i = \big(\varphi'_{i\tau}\big)^{-1}\,f_i,\ i = \overline{1,\,n}, \qquad (26)$$

где f_i является i-м элементом вектора-функции $f(t)$.

Матрицу C коэффициентов передачи представим в виде

$$C = \big(\tau\,B\big)^{-1}\,K^{(21)}. \qquad (27)$$

Матрицы Φ'_τ и Φ''_τ содержат только по одному ненулевому элементу в каждой строке, поэтому матричное выражение (24) заменяется на n скалярных, а матрица $K^{(21)}$ станет диагональной с элементами

$$k_i^{(21)} = \big(\varphi'_{i\tau} + 0{,}5\,\varphi''_{i\tau}\delta_i\big)^{-1},\ i = \overline{1,\,n}. \qquad (28)$$

После подстановки вместо δ_i формулы (26) получим соотношение для коэффициента передачи i-го локального регулятора

$$k_i^{(21)} = \frac{2\phi'_{i\tau}}{f_i\,\phi''_{i\tau} + 2\big(\phi'_{i\tau}\big)^2}. \qquad (29)$$

Аналогично алгоритмам первого порядка устойчивость замкнутой системы с приближенными алгоритмами второго порядка можно обеспечить при положительности коэффициентов передачи $k_i^{(21)}$ всех локальных ре-

гуляторов, а если учесть, что и $\varphi'_{i\tau} > 0$, то соблюдение неравенств

$$f_i \varphi''_{i\tau} + 2\left(\varphi'_{i\tau}\right)^2 > 0\,,\ i = \overline{1,\ n} \qquad (30)$$

является достаточным условием устойчивости процессов траекторного управления.

Пример расчета. Реализация приближенных алгоритмов в многомерных системах приводит к локальному траекторному управлению каждой координатой только одним воздействием, поэтому рассмотрим объект, описываемый уравнением

$$\dot{y} = ay + b\,\mathrm{th}(\beta u)\,,\ y(0) = y_0\,. \qquad (31)$$

При моделировании используются следующие значения параметров:

$$a = -20\,,\ b = 225\,,\ \beta = 0,005\,5\,.$$

Нелинейный элемент при выбранном β аппроксимирует функцию sat u и может рассматриваться как устройство, ограничивающее сигнал на входе линейной части. В работе [7] исследованы различные алгоритмы управления этим апериодическим звеном и желаемая траектория $g(t)$ выбрана для случая оптимального ПИ-регулятора.

Методику построения областей и процедуру проверки выполнения условий устойчивости (22) и (30) поясним на примере реализации приближенного метода первого порядка. В соответствии с выражением (19) для объекта (31) можно записать

$$\dot{u}(t) = \left(\tau b\right)^{-1} \mathrm{ch}^2\left[\beta u(t-\tau)\right]\times$$
$$\times\left\{\dot{g}(t) - a\,y(t-\tau) - b\,\mathrm{th}\left[\beta u(t-\tau)\right]\right\},$$
$$u(0) = u_0\,, \qquad (32)$$

где время запаздывания $\tau = 0,01$.

Области устойчивости для замкнутых систем траекторного управления в осях $[y(0),\ u(0)]$ имеют следующий вид (рис. 1). Моделирование проводится на интервале времени $T = [0,\ 2]$ при различных начальных значениях $y(0) = y_0$ для дифференциального уравнения объекта (31) и отклонениях $u(0) = u_0$ для алгоритма (32). Условие устойчивости (22) выполняется, так как $\varphi'(u) > 0$ и коэффициент передачи регулятора $k^{(1)} = \left[\varphi'(u)\right]^{-1}$ остается положительным. Расходящиеся процессы получаются только при достаточно больших u_0, когда $\varphi'(u_0) \to 0$ и $k^{(1)} \to \infty$, что вызвано появлением численной неустойчивости при моделировании непрерывных замкнутых систем.

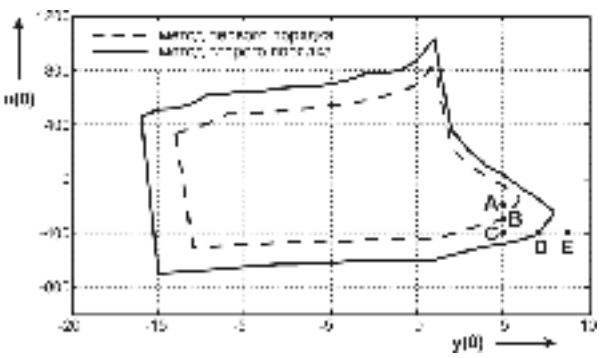


Рис. 1. Области устойчивости исследуемых замкнутых систем

Свойства системы, связанные с сохранением или потерей устойчивости, можно объяснить на основе поведения функции $\varphi'(t) = \varphi'\left[u(t)\right]$ при различных начальных значениях (рис. 2, 3). Так, в соответствии с рис. 2, *а* выполняется условие $\varphi'(t) > 0$, а следовательно, и условие (22), поэтому точка A ($y(0) = 5$, $u(0) = -200$) на рис. 1 принадлежит области устойчивости. На границе устойчивости, например в точке B, характер функции качественно не изменяется: обе $\varphi'(t)$ стремятся к одному установившемуся значению только в начале интегрирования, затем $\varphi'(t) \approx 0$ (рис. 2, *б*) и происходит потеря устойчивости. В области расходящихся процессов поведение функции $\varphi'(t)$ отличается: для точки C ($y(0) = 5$, $u(0) = -305$) с момента времени $t = 0,031\,5$ функция $\varphi'(t) = 0$ (рис. 3, *а*).

Область устойчивости при реализации в системе приближенного алгоритма второго порядка также показана на рис. 1. Условие устойчивости имеет вид (30), поэтому свойства системы можно оценить по поведению функции

$$F(t) = f(t)\,\varphi''(t) + 2\left[\varphi'(t)\right]^2$$

(рис. 3, 4). При затухающих процессах в той же точке C и на границе устойчивости, например, в точке D с координатами $y(0) = 5$, $u(0) = -410$, характер функции $F(t)$ одинаков и обе стремятся к установившемуся значению 0,85, но для области устойчивости $F(t)$ всегда положительна (рис. 3, *б*), а на границе значение $F(t) = 0$ только при $t = 0,05$ (рис. 4, *а*). В области расходящихся процессов с момента времени $t = 0,031$, функция $F(t)$ всегда равна нулю (рис. 4, *б*).

Таким образом, экспериментально подтверждена достоверность условия устойчивости (22) и неравенства (30) для приближенных алгоритмов управления первого и второго порядка соответственно. Из результатов имитационного моделирования также следует, что при нахождении систем на границе устойчивости выполняются равенства

$$\varphi'\left[u(t)\right] = 0\,,$$
$$f\left[u(t), t\right]\varphi''\left[u(t)\right] + 2\left\{\varphi'\left[u(t)\right]\right\}^2 = 0\,.$$

Использовать их для аналитического определения областей устойчивости достаточно сложно, так как они соблюдаются в разные моменты времени. Тем не менее можно говорить о преимуществе приближенного алгоритма, использующего вторую производную. Системы с регулятором первого порядка теряют устойчивость, если $\varphi' \le 0$, но при этом возможно выполнение условия (30), как это и происходит, например, в точке C (см. рис. 3, *а*). Более широкой областью устойчивости обладает и исследуемая система с алгоритмом управления второго порядка, что и подтверждают приведенные на рис. 1 результаты имитационного моделирования.

Таким образом, в данной статье рассматривалась задача траекторного управления непрерывным многомерным нелинейным объектом, описываемым переменными состояния, когда каждая координата зависит только от одного управляющего воздействия. На основе скалярной функции Ляпунова получены достаточные условия абсолютной устойчивости желаемого движения системы, использующей линейные законы управления.

Нелинейная вектор-функция управления с помощью методики полиномиальной аппроксимации заменялась на линейные, содержащие частные производные как первого, так и второго порядков. На их основе были сформированы приближенные алгоритмы, которые при рассматриваемом классе объектов подвергались декомпозиции и многомер-

ное устройство управления заменялось локальными регуляторами. Для коэффициентов передачи регуляторов, реализующих приближенные алгоритмы, получены достаточные условия устойчивости. Моделирование систем и результаты экспериментальных исследований подтвердили адекватность полученных теоретических выражений.

Таким образом, проведенные исследования говорят о целесообразности описания объектов рассмотренным выше классом моделей, приводящих к формированию достаточно простых алгоритмов локальных регуляторов и условий устойчивости замкнутых систем.

Библиографический список

1. Тхай, В. Н. IX Международный семинар «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» / В. Н. Тхай // Автоматика и телемеханика. 2007. № 8. С. 3.

2. Шильяк, Д. Децентрализованное управление сложными системами / Д. Шильяк. М. : Мир, 1994.

3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2: Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д. П. Ким. М. : Физматлит, 2004.

4. Точные методы исследования нелинейных систем автоматического управления / под ред. Е. П. Попова. М. : Машиностроение, 1971.

5. Рубан, А. И. Адаптивное управление с идентификацией / А. И. Рубан. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1983.

6. Когут, А. Т. Полиномиальная аппроксимация в некоторых задачах оптимизации и управления / А. Т. Когут ; Ом. гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2003.

7. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. М. : Лаборатория базовых знаний, 2004.

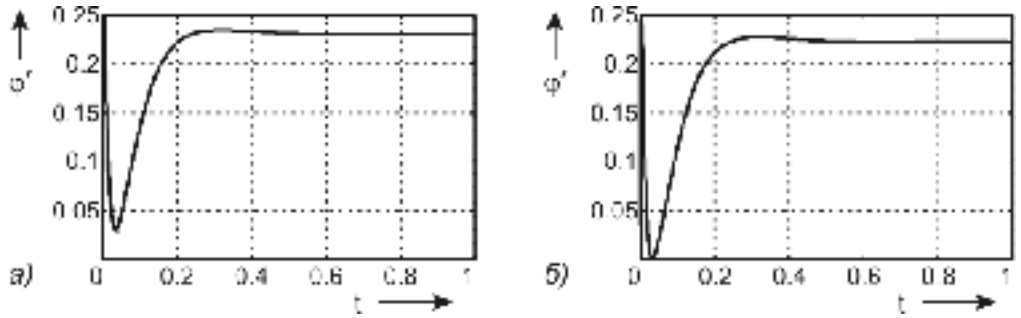


Рис. 2. Графики функций $\varphi'(t)$ при различных начальных условиях

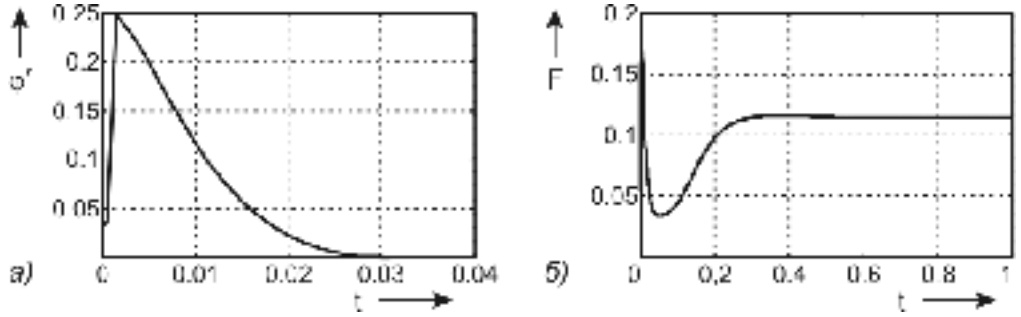


Рис. 3. Графики функций $\varphi'(t)$ (*а*) и $F(t)$ (*б*) при различных начальных условиях

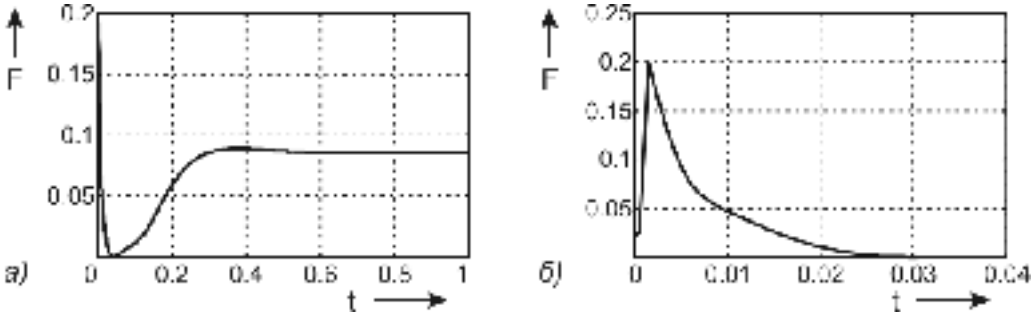


Рис. 4. Графики функций $F(t)$ при различных начальных условиях $y(0) = y_0$ и $u(0) = u_0$

A. T. Kogut

ANALYSIS OF SYSTEM STABILITY WITH APPROXIMATE ALGORITHMS OF PATH CONTROL OF ONE CLASS OBJECTS

The local regulator synthesis method for multivariate control objects containing several nonlinear elements is examined. The stability of closed loop systems is analyzed under realization of approximate algorithms for control impact building. The acquired analytic forms are compared with simulation results.

Keywords: object, model, system, regulator, algorithm, stability.

УДК 621.31

Н. Н. Горяшин

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ РЕЖИМОВ В ИМПУЛЬСНЫХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ

Предложен метод оценки эффективности квазирезонансного преобразователя с коммутацией ключевого элемента при нулевых значениях тока в сравнении с классическим широтноимпульсным преобразователем.

Ключевые слова: резонансный преобразователь напряжения.

Одним из перспективных направлений развития импульсных преобразователей электроэнергии является использование резонансных режимов работы регулирующего элемента – электронного ключа, коммутация которого происходит с минимальными потерями мощности [1–3]. Актуальность развития и совершенствования преобразовательной электроники во многом продиктована возрастанием популярности распределенных систем электропитания, которая влечет за собой увеличение спроса на различные типы DC/DC- и AC/DC-преобразователей. Распределенные системы стали стратегической архитектурой, если не всеобщим решением проблемы электропитания цифровых и телекоммуникационных систем. По мере распространения распределенных систем на контрольно-измерительную аппаратуру, технологическое оборудование, системы автоматики и телемеханики, охранные системы и т. д. преимущества распределенного электропитания становятся все более очевидными. Одновременно происходит расширение номенклатуры модулей, применяемых в распределенных системах электропитания, и повышение требований к качеству преобразователей [4].

По сравнению с классическими преобразователями напряжения (ПН), использующими широтно-импульсный закон регулирования, резонансные (квазирезонансные) ПН являются более сложным объектом управления, что обусловлено нелинейной зависимостью передаточной характеристики силовой части по постоянному току от тока нагрузки и напряжения питания [3; 5; 6]. Поэтому для обеспечения надежной работы ПН с резонансным контуром (РК) необходимо определить ограничения, налагаем на режимы управления резонансными ключевыми элементами. С другой стороны, из-за перераспределения энергии в РК возрастают амплитудные значения тока и напряжения на электронных ключах, повышающие статические потери мощности.

В данной статье исследованы два варианта квазирезонансного ПН с коммутацией при нулевых значениях тока, которые могут найти применение в распределенных системах электропитания.

Эффективность преобразователей постоянного напряжения может определяться следующими показателями: удельной мощностью, КПД и уровнем электромагнитных помех (ЭМП). Первые два параметра непосредственно связаны между собой, так как повышение удельной мощности возможно только за счет увеличения частоты преобразования при обеспечении заданного уровня пульсаций выходного напряжения и тока, что в классических схемах ПН приводит к увеличению потерь мощности на переключение ключевого элемента (КЭ) и в магнитных цепях. Это в свою очередь связано с необходимостью введения дополнительных мер по съему тепловой энергии с силовых полупроводниковых компонентов ПН.

Снижение коммутационных и статических потерь мощности в классических импульсных преобразователях напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) может быть достигнуто за счет совершенствования элементной базы: повышения быстродействия ключевых элементов и уменьшения падения напряжения на КЭ в открытом состоянии. Но это только усилит влияние паразитных реактивных элементов реальной схемы, так как увеличение скорости изменения напряжения и тока на коллекторе (стоке) КЭ приводит к возрастанию амплитуды высших гармоник сигнала, частоты которых могут совпадать с собственными частотами резонансных контуров, образованных паразитными элементами схемы, что в свою очередь увеличивает высокочастотные помехи, наложенные на выходное напряжение ПН. Так, например, из-за конструктивных особенностей дросселей и конденсаторов в их составе неизбежно присутствуют паразитные реактивные элементы, исключить которые в реальной схеме полностью невозможно [7; 8]. Бороться с этим можно за счет введения в силовую часть схемы различных демпфирующих цепей, что влечет за собой дополнительные потери энергии. С другой стороны, из-за высокой скорости нарастания сигнала на стоке (коллекторе) силового транзистора может происходить наведение помех на другие элементы схемы или электронные устройства.

Таким образом, наиболее эффективным путем одновременного повышения указанных выше показателей эффективности высокочастотных преобразователей постоянного напряжения может быть применение резонансных режимов электронного ключевого элемента. По мнению автора, это единственный рациональный путь снижения электромагнитных помех в высокочастотной области.

Однако повышение частоты преобразования влечет за собой принятие мер по борьбе с эффектом вытеснения тока, т. е. применение планарных трансформаторов и индуктивных элементов, обмотки которых могут быть реализованы печатным способом, что в то же время приводит к увеличению паразитной межвитковой емкости. Следовательно, и с этой точки зрения повышение частоты преобразования оправдывает применение резонансных режимов в импульсных преобразователях несмотря на некоторые их ограничения.

Обобщая сказанное выше, мы можем сформулировать следующее утверждение: одновременное повыше-

ние удельной мощности и КПД для резонансного (квазирезонансного) ПН по сравнению с классическим ПН при равных условиях, возможно при выполнении неравенства

$$\frac{P_{\text{д.ШИМ}} + P_{\text{ст.ШИМ}} + P_{\text{тр}}}{P_{\text{д.рез}} + P_{\text{ст.рез}} + P_{\text{тр}} + P_{\text{РК}}} > 1, \quad (1)$$

где $P_{\text{д.ШИМ}}$ – динамические потери при жестком переключении КЭ в режиме ШИМ; $P_{\text{д.рез}}$ – динамические потери КЭ в резонансном режиме (как правило, несущественные); $P_{\text{ст.рез}}$, $P_{\text{ст.ШИМ}}$ – статические потери пассивных и активных ключей в резонансном и ШИМ-режимах соответственно; $P_{\text{тр}}$, $P_{\text{РК}}$ – потери мощности в трансформаторе (в случае его применения) и элементах РК. Приближенное значение мощности коммутационных потерь в транзисторных МДП-ключах при условии, что ПН работает в режиме непрерывного тока дросселя выходного фильтра [9], можно найти по формуле

$$P_{\text{д.ШИМ}} = \frac{1}{2} I_{\text{с}} U_{\text{СИ}} (t_{\text{on}} + t_{\text{off}}) f_{\text{к}} + \frac{1}{2} C_{\text{СИ}} U_{\text{СИ}}{}^2 f_{\text{к}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{СИ}}$ – напряжение стока-истока в закрытом состоянии МДП-ключа; $I_{\text{с}}$ – коммутируемый ток (ток стока); $C_{\text{СИ}}$ – емкость стока-истока МДП-транзистора; t_{on}, t_{off} – время отпирания и запирания МДП-транзистора соответственно; $f_{\text{к}}$ – частота коммутации.

Оценку статических потерь в полупроводниковых транзисторных ключах проведем путем их сравнения с аналогичными потерями в режиме ШИМ с жестким переключением КЭ при равных входном и выходном напряжении и токе нагрузки. Такая относительная оценка позволит более наглядно оценить разницу между режимами при выборе типа преобразователя для проектируемого источника вторичного электропитания.

Импульсные преобразователи могут производить два типа электромагнитных помех [7]: ЭМП, генерируемые непосредственно импульсной работой КЭ, и ЭМП, генерируемые паразитными РК электрической схемы в моменты отпирания или запирания КЭ.

Электромагнитные помехи, генерируемые непосредственно импульсной работой КЭ, могут быть проанализированы путем разложения функций сигналов тока и напряжения в ряд Фурье [7]:

$$f_N(t) = \frac{a_0}{2} + \left[\sum_{n=1}^{N} \left(a_n \cdot \cos(n \cdot t) + b_n \cdot \sin(n \cdot t) \right) \right], \quad (3)$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt, \; a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(n \cdot t) dt,$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(n \cdot t) dt, \quad (4)$$

$$A_n = \sqrt{a_n{}^2 + b_n{}^2}, \quad (5)$$

где $f_N(t)$ – уравнение ряда Фурье; a_0, a_n, b_n – коэффициенты Фурье; A_n определяет амплитуду n-й гармоники; $f(t)$ – функция времени исследуемого сигнала. Фурье-анализ сигналов в цепи КЭ также позволит оценить амплитуды высших гармоник, на которых паразитные РК реальной схемы могут входить в резонанс. Анализ ЭМП, как и оценку статических потерь преобразователей исследуемого типа, будем проводить путем сравнения амплитуд гармонических составляющих сигналов в цепи КЭ с аналогичными амплитудами в режиме ШИМ с жестким переключением КЭ при прочих равных условиях.

Электромагнитные помехи, генерируемые за счет паразитных элементов, как правило, имеют узкий спектр с максимальной амплитудой гармоники, соответствующей собственной частоте паразитного РК. В случае если один из элементов паразитного РК носит нелинейный характер, как, например, барьерная емкость диода или емкость стока-истока МДП-транзистора, то генерируемая помеха может иметь более широкий спектр. Такой тип помех зависит главным образом от используемой элементной базы, условий монтажа и компоновки элементов преобразователя на печатной плате. Поэтому теоретический анализ помех такого рода затруднителен и сводится, как правило, к экспериментальным исследованиям.

Данная статья посвящена анализу резонансного режима с коммутацией ключевого элемента при нулевых значениях тока. Основная идея использования данного режима состоит в том, что ток ключевого элемента, включенного последовательно с индуктивностью РК, изменяется по гармоническому закону, отпирание и запирание электронного ключа происходит в моменты прохождения тока через нулевые значения (или близкие к ним), причем из-за малой скорости нарастания тока по сравнению со скоростью переключения транзистора динамические потери мощности сведены к минимуму. Указанный режим предполагает два возможных варианта:

– с половиной волны резонансного цикла (ПНТ[1]) (рис. 1, 2, *а*) [2; 5; 6]. В этом варианте после открытия ключа начинается процесс, при котором ток ключа и резонансной индуктивности сначала линейно возрастает до значения, равного току нагрузки, после чего диод VD3 закрывается. Дальнейшее изменение тока ключа происходит по гармоническому закону. Когда ток ключа достигает нулевого уровня, происходит запирание диода VD2. В этот момент должно происходить выключение ключевого элемента, что обеспечит минимум динамических потерь. Характерным недостатком данной схемы является наличие проходного диода VD2, который увеличивает внутренние потери преобразователя. Для преодоления этого недостатка может быть использовано решение, предложенное в [10];

– с полной волной резонансного цикла (ПНТ[2]) (рис. 2, *б*). Отличие этого варианта от предыдущего состоит в том, что ток $L_{\text{р}}$, достигая нулевого значения, меняет знак, при этом часть энергии, запасенной в $C_{\text{р}}$, не рекуперируется в нагрузку, а возвращается в первичный источник. Такой режим может быть реализован, если исключить диод VD2 в схеме на рис. 1 [3]. По сравнению с предыдущим этот вариант имеет более линейную регулировочную характеристику.

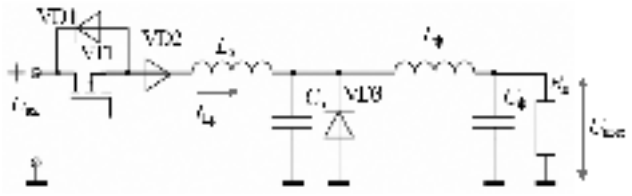


Рис. 1. Схема силовой части последовательного ПНТ[1]-преобразователя

Один период работы КЭ в цепи РК ПНТ[1]-преобразователя можно разбить на четыре временных интервала (см. рис. 2, *а*), которые описываются выражениями

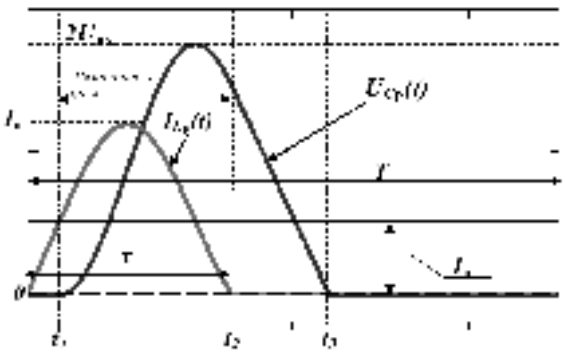
$$\left[0 \le t < t_1\right]: \begin{cases} I_{Lp}(t) = \dfrac{U_{вх} \cdot t}{L_р}, \\ U_{Cp}(t) = 0, \\ \Delta t_1 = t_1 = \dfrac{I_н \cdot L_р}{U_{вх}}, \end{cases} \quad (6)$$

$$\left[t_1 \le t < t_2\right]: \begin{cases} I_{Lp}(t) = I_н + U_{вх} \dfrac{\sin\left(\omega_0 (t - t_1)\right)}{Z_0}, \\ U_{Cp}(t) = U_{вх}\left(1 - \cos\left(\omega_0 (t - t_1)\right)\right), \\ \Delta t_2 = t_2 - t_1 = \dfrac{\pi}{\omega_0} + \dfrac{1}{\omega_0} \arcsin\left(\dfrac{Z_0 \cdot I_н}{U_{вх}}\right), \end{cases} \quad (7)$$

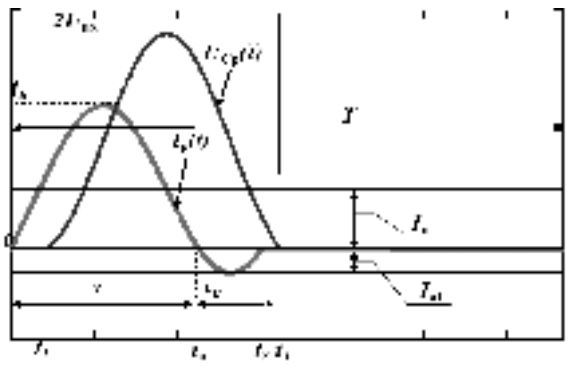
$$\left[t_2 \le t < t_3\right]: \begin{cases} U_{Cp}(t) = -\dfrac{(t - t_2) I_н}{C_р} + \\ + U_{вх}\left(1 - \cos\left(\omega_0 (t_2 - t_1)\right)\right), \\ I_{Lp}(t) = 0, \\ \Delta t_3 = t_3 - t_2 = \\ = \dfrac{C_р}{I_н} U_{вх}\left(1 - \cos\left(\omega_0 (t_2 - t_1)\right)\right), \end{cases} \quad (8)$$

$$\left[t_3 \le t < T\right]: \begin{cases} I_{Lp}(t) = 0, \\ U_{Cp}(t) = 0, \end{cases} \quad (9)$$

где $I_{Lp}(t)$ – ток через индуктивность РК $L_р$; $U_{Cp}(t)$ – напряжение на конденсаторе РК; $I_н$ – ток нагрузки; $Z_0 = (L_р / C_р)^{0,5}$ – волновое сопротивление РК; $U_{вх}$ – напряжение питания преобразователя; $\omega_0 = 2\pi f_0 = 1/(L_р C_р)^{0,5}$ – собственная частота РК.



а



б

Рис. 2. Идеализированные временные диаграммы режимов: *а* – ПНТ[1]; *б* – ПНТ[2]

Режим ПНТ[2] также можно разбить на четыре интервала (см. рис. 2, *б*). От предыдущего случая его отличают только интервалы $(t_1; t_2)$ и $(t_2; t_3)$, которые описываются выражениями [3; 11]:

$$\left[t_1^* \le t < t_2^*\right]: \begin{cases} I_{Lp}(t) = I_н + U_{вх} \dfrac{\sin\left(\omega_0 (t - t_1)\right)}{Z_0}, \\ U_{Cp}(t) = U_{вх}\left(1 - \cos\left(\omega_0 (t - t_1)\right)\right), \\ \Delta t_2 = t_2 - t_1 = \dfrac{2\pi - \arcsin\left(\dfrac{I_н Z_0}{U_{вх}}\right)}{\omega_0}, \end{cases} \quad (10)$$

$$\left[t_2^* \le t < t_3^*\right]: \begin{cases} U_{Cp}(t) = U_{вх}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\dfrac{I_н Z_0}{U_{вх}}\right)^2}\right] - \\ - \dfrac{I_н}{C_р}(t - t_2), \\ I_{Lp}(t) = 0, \\ \Delta t_3 = t_3 - t_2 = \\ = \dfrac{U_{вх}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\dfrac{I_н Z_0}{U_{вх}}\right)^2}\right]}{I_н Z_0 \omega_0}. \end{cases} \quad (11)$$

Для сравнительной оценки статических потерь на ключе введем относительный коэффициент потерь $M_{отн} = P_{КЭ.ШИМ}/P_{КЭ.ПНТ}$, где $P_{КЭ.ШИМ}$ – статическая мощность, рассеиваемая на ключе в открытом состоянии в режиме ШИМ; $P_{КЭ.ПНТ}$ – мощность, рассеиваемая на ключе в открытом состоянии в режиме ПНТ.

В качестве КЭ может быть использован биполярный или МДП-транзистор. В первом случае относительный коэффициент потерь будет

$$M_{отн} = \frac{U_{КЭ.отк} I_{эф.ШИМ}}{U_{КЭ.отк} I_{эф.ПНТ}} = \frac{I_{эф.ШИМ}}{I_{эф.ПНТ}}, \quad (12)$$

где $U_{КЭ.отк}$ – напряжение коллектора–эмиттера биполярного транзисторного ключа в открытом состоянии; $I_{эф.ПНТ}$ – эффективный ток для любого из вариантов режима ПНТ. В случае использования МДП-транзистора

$$M_{отн} = \frac{R_{отк} I_{эф.ШИМ}^2}{R_{отк} I_{эф.ПНТ}^2} = \left(\frac{I_{эф.ШИМ}}{I_{эф.ПНТ}}\right)^2, \quad (13)$$

где $R_{отк}$ – сопротивление стока-истока транзисторного МДП-ключа в открытом состоянии.

Таким образом, далее необходимо определить эффективное (среднеквадратичное) значение тока, протекающего через КЭ. В общем случае эффективное значение тока любой формы [12] будет

$$I_{эф} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \left[I(t)\right]^2 dt}. \quad (14)$$

Для режима ШИМ, считая, что форма тока имеет строго прямоугольную форму, эффективный ток определим как

$$I_{эф.ШИМ} = I_а \sqrt{\frac{\tau}{T}}, \quad (15)$$

где τ – длительность импульса КЭ; T – период коммутации; $I_а$ – амплитудное значение тока через ключ.

Для последовательного понижающего ПН справедливы следующие соотношения:

$$I_{\text{а}} \approx I_{\text{н}}, \tag{16}$$

$$\frac{\tau}{T} \approx \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}. \tag{17}$$

Для дальнейших расчетов формулы (16) и (17) принимаем за строгие равенства.

Основные соотношения, определяющие эффективное значение тока КЭ для режимов ПНТ[1] и ПНТ[2], при условии, что ток имеет строго синусоидальную форму, представлены в табл. 1, в которой использованы следующие обозначения: $\langle U_{Cp} \rangle$ – усредненное по времени значение напряжения на конденсаторе РК, равное выходному напряжению в установившемся режиме при условии идеальности выходного фильтра; K_U – коэффициент передачи по напряжению; $f_{\text{к}}$ – частота коммутации; $K_1(I_{\text{н}})$ и $K_2(I_{\text{н}})$ – коэффициенты, зависящие от тока нагрузки $I_{\text{н}}$ для режима ПНТ[1] и ПНТ[2] соответственно:

$$\begin{cases} K_1(I_{\text{н}}) = \dfrac{1}{2\pi}\left[\pi + \dfrac{J(I_{\text{н}})}{2} + \arcsin\times\right. \\ \left.\times\left(J(I_{\text{н}})\right) + \dfrac{1+\sqrt{1-\left(J(I_{\text{н}})\right)^2}}{J(I_{\text{н}})}\right], \\ K_2(I_{\text{н}}) = \dfrac{1}{2\pi}\left[2\pi + \dfrac{J(I_{\text{н}})}{2} - \arcsin\times\right. \\ \left.\times\left(J(I_{\text{н}})\right) + \dfrac{1-\sqrt{1-\left(J(I_{\text{н}})\right)^2}}{J(I_{\text{н}})}\right]. \end{cases} \tag{18}$$

Так как $M_{\text{отн}}$ определяется отношением эффективных токов, то целесообразно ввести относительный параметр, показывающий отношение эффективного значения тока КЭ в режиме ШИМ к эффективному току исследуемого резонансного режима при прочих равных условиях, причем найдем его как функцию от тока нагрузки:

$$I_{\text{эф.отн1}}(I_{\text{н}}) = \frac{I_{\text{эф.ШИМ}}(I_{\text{н}})}{I_{\text{эф.ПНТ1}}(I_{\text{н}})} = \frac{I_{\text{н}}}{\left(I_{\text{н}} + \dfrac{U_{\text{вх}}}{Z_0}\right)}\sqrt{\frac{2K_1(I_{\text{н}})/f_0}{\tau(I_{\text{н}})}}, \tag{19}$$

$$I_{\text{эф.отн2}}(I_{\text{н}}) = \frac{I_{\text{эф.ШИМ}}(I_{\text{н}})}{I_{\text{эф.ПНТ2}}(I_{\text{н}})} = \frac{I_{\text{н}}}{\left(I_{\text{н}} + \dfrac{U_{\text{вх}}}{Z_0}\right)}\sqrt{\frac{2K_2(I_{\text{н}})/f_0}{\tau(I_{\text{н}})}}. \tag{20}$$

А поскольку режимы ПНТ[1] и ПНТ[2] имеют граничное условие по максимальному току нагрузки при прочих фиксированных параметрах, то можно рассчитать теоретический предел функций (19) и (20). Таким граничным условием является условие $I_{\text{н}}Z_0 / U_{\text{вх}} = 1$ [13]. Подставляя его в функции (19) и (20), получим

$$\frac{I_{\text{эф.ШИМ}}}{I_{\text{эф.ПНТ1}}} = \frac{I_{\text{эф.}ШИМ\text{шим}}}{I_{\text{эф.ПНТ2}}} \approx 0,737. \tag{21}$$

Представим некоторые кривые, показывающие отношение между эффективными значениями тока через КЭ для режимов ПНТ и ШИМ в зависимости от тока нагрузки с параметрами, указанными в табл. 2 (рис. 3, 4).

Наиболее приемлемыми топологиями для режима ПНТ, обеспечивающими гальваническую развязку, являются типы ПН, представленные на рис. 5. При этом все

Таблица 1

Параметр	Режим	
	ПНТ[1]	ПНТ[2]
$I_{\text{эф}}$	$I_{\text{а}}\sqrt{\dfrac{\tau}{2T}}$	$I_{\text{а}}\sqrt{\dfrac{\tau}{2T}}$
$I_{\text{а}}$	$I_{\text{н}} + \dfrac{U_{\text{вх}}}{Z_0}$	$I_{\text{н}} + \dfrac{U_{\text{вх}}}{Z_0}$
$I_{\text{а1}}$	–	$I_{\text{н}} - \dfrac{U_{\text{вх}}}{Z_0}$
τ	$L_{\text{р}}\dfrac{I_{\text{н}}}{U_{\text{вх}}} + \dfrac{\pi + \arcsin\left(\dfrac{I_{\text{н}}Z_0}{U_{\text{вх}}}\right)}{\omega_0}$	$L_{\text{р}}\dfrac{I_{\text{н}}}{U_{\text{вх}}} + \dfrac{\pi + \arcsin\left(\dfrac{I_{\text{н}}Z_0}{U_{\text{вх}}}\right)}{\omega_0}$
τ_n	–	$\dfrac{\left(\pi - 2\arcsin\left(\dfrac{I_{\text{н}}Z_0}{U_{\text{вх}}}\right)\right)}{\omega_0}$
T	$T = \dfrac{U_{\text{вх}}K_1(I_{\text{н}})}{U_{\text{вых}}f_0}$	$T = \dfrac{U_{\text{вх}}K_2(I_{\text{н}})}{U_{\text{вых}}f_0} \approx \dfrac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}f_0}$
$J(I_{\text{н}})$	$\dfrac{I_{\text{н}}Z_0}{U_{\text{вх}}}$	$\dfrac{I_{\text{н}}Z_0}{U_{\text{вх}}}$
K_U	$\dfrac{\langle U_{C\text{р}}\rangle}{U_{\text{вх}}} = (f_{\text{к}}/f_0)K_1(I_{\text{н}})$	$\dfrac{\langle U_{C\text{р}}\rangle}{U_{\text{вх}}} = (f_{\text{к}}/f_0)K_2(I_{\text{н}}) \approx f_{\text{к}}/f_0$

аналитические соотношения будут такими же, как и в последовательной схеме в соответствии с режимом ПНТ[1] или ПНТ[2], с учетом того, что амплитудные значения тока и напряжения первичной и вторичной обмоток импульсного трансформатора связаны коэффициентом трансформации.

Как было сказано выше, теоретический анализ электромагнитных помех, создаваемых импульсной работой КЭ, можно проводить при помощи разложения в ряд Фурье функций времени сигналов в силовой цепи исследуемого ПН. Для этого определим амплитуду для n-й гармоники анализируемого сигнала в соответствии с (3)…(5), используя аналитические выражения (6)…(11), и введем относительную логарифмическую оценку амплитуд соответствующих гармоник тока ключа режимов ШИМ и ПНТ:

$$I_n^{\text{отн}} = 20\log\frac{I_n^{\text{ШИМ}}}{I_n^{\text{ПНТ}}}. \qquad (22)$$

Покажем формы сигналов тока для разных режимов и их спектры (рис. 6) при прочих равных условиях, учитывая, что оба режима ПНТ имеют частотно-импульсный закон регулирования, а частота коммутации для режима ШИМ равна частоте для режимов ПНТ[1] и ПНТ[2] при $I_{\text{н}} = 4{,}6$ А, $U_{\text{вх}} = 60$ В и параметрах, заданных в табл. 2. Суммарная длительность фронтов t_r и t_f импульса тока в режиме ШИМ составляет порядка 3 % от длительности периода.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

– статические потери мощности на КЭ в режиме ПНТ по сравнению с режимом ШИМ при максимальной нагрузке и прочих равных условиях (входном и выходном напряжении, токе нагрузки) могут быть в 2…4 раза выше в зависимости от разницы между входным и выходным напряжением, причем для режима ПНТ[2] относительные потери в КЭ выше, чем для режима ПНТ[1], при условии

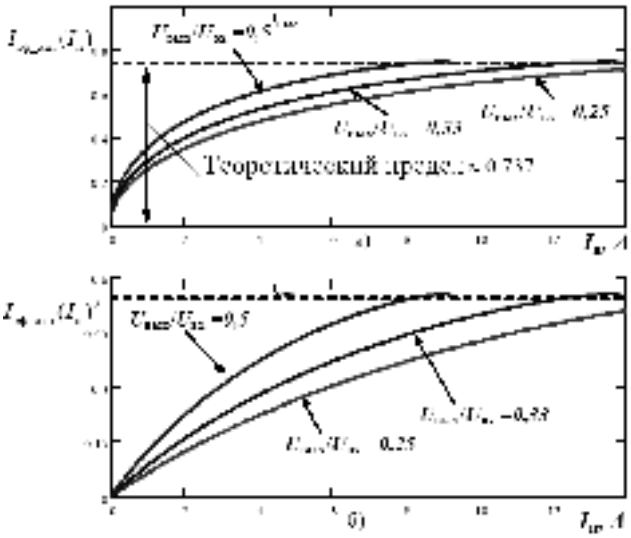


Рис. 3. График $I_{\text{эф.отн1}}(I_n)$ для режима ПНТ[1]

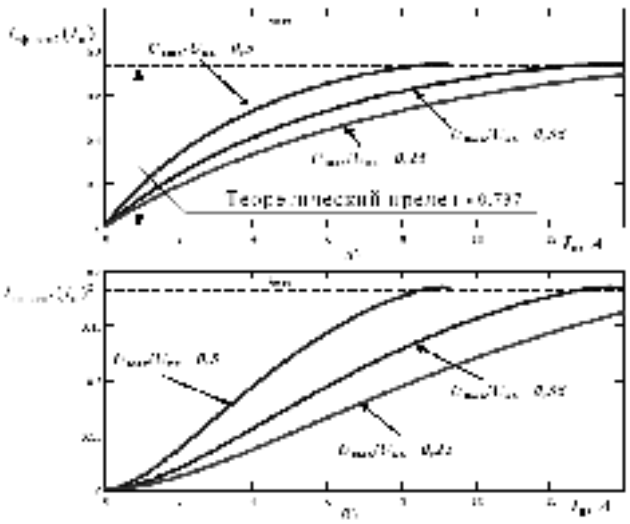
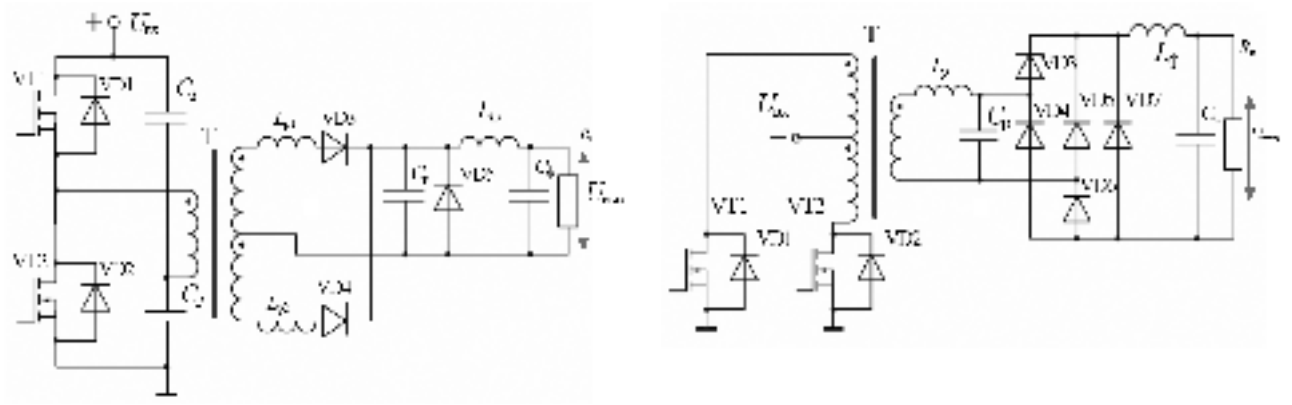


Рис. 4. График $I_{\text{эф.отн2}}(I_n)$ для режима ПНТ[2]



а *б*

Рис. 5. Электрические схемы силовых частей полумостового ПН с режимом ПНТ[1] (*а*) и дифференциального ПН с режимом ПНТ[2] (*б*)

Таблица 2

Элемент	Значение
$L_{\text{р}}$, Гн	$1{,}05\ 10^{-6}$
$C_{\text{р}}$, Ф	$57 \cdot 10^{-9}$
$U_{\text{вых}}$, В	20

того, что в первом случае не учитываются потери за счет отрицательной полуволны тока индуктивности РК (см. рис. 2, *б*). Таким образом, режим ПНТ[2] предполагает существенно большие статические потери на КЭ по сравнению с режимом ПНТ[1];

– получены теоретические пределы отношений между статическими потерями в активных ключах квазирезонансного режима с коммутацией при нулевом токе и аналогичного режима с ШИМ при прочих равных условиях. Хотя функции (19), (20) имеют экстремум, а предельное значение (21) несколько ниже максимума, последнее может быть принято за теоретический предел определенного выше соотношения для обоих режимов с учетом того, что максимальное значение тока нагрузки (вертикальная пунктирная линия на рис. 3, 4) для режимов ПНТ[1] и ПНТ[2] существенно ниже значения, приходящегося на максимум функций (19) и (20) (см. рис. 3, 4);

– режимы ПНТ[1] и ПНТ[2] дают существенно меньший вклад высших гармоник в частотный спектр сигналов тока в цепи ключевого элемента по сравнению с режимом ПН с ШИМ. Амплитуда первой гармоники для тока в обоих случаях превышает аналогичные значения для режима ШИМ не более чем на 20 % при типовых параметрах РК, которые выбираются исходя из условия $Z_0 \le R_{нmin}$, где $R_{нmin}$ – минимальное сопротивление нагрузки.

Материалы данной статьи были подготовлены по результатам, полученным автором во время прохождения научной стажировки в Кассельском университете (Германия) на кафедре систем электроснабжения под руководством профессора П. Захариаса при финансовой поддержке грантов Министерства образования и науки Российской Федерации и Немецкой службы академических обменов (DAAD).

Библиографический список

1. Лукин, А. В. Высокочастотные преобразователи постоянного напряжения и их классификация / А. В. Лукин // Электроника: наука, технология, бизнес. 1998. № 1. С. 33–36.

2. Batarseh, I. Unified Steady-State Analysis of Soft-Switching DC-DC Converters / I. Batarseh, J. Abu-Qahouq // IEEE Trans. Power Electronics. 2002. Vol. 17, № 5. P. 684–691.

3. Erickson, R. W. Fundamentals of Power Electronics / R. W. Erickson. New York : Chapman and Hall, 1997.

4. Лукин, А. В. Распределенные системы электропитания / А. В. Лукин // Электрон. компоненты. 1997. Вып. 7. С. 28–32.

5. Горяшин, Н. Н. Практика создания квазирезонансных преобразователей напряжения / Н.Н. Горяшин // Электронные и электромеханические устройства : сб. науч. тр. Новосибирск : Наука. Сиб. изд. фирма Сиб. отд-ние Рос. акад. наук, 2007. С. 121–130.

6. Горяшин, Н. Н. Математическая модель стабилизатора напряжения на базе квазирезонансного преобразователя / Н. Н. Горяшин // Вестник СибГАУ : сб. науч. тр. Вып. 6. Красноярск, 2005. С. 119–125.

7. Hsiu, L. Characterization and Comparison of Noise Generation for Quasi-Resonant and Pulsedwidth-Modulated Converters / L. Hsiu, M. Goldman, R. Carlsten et al. // IEEE Trans. Power Electronics. 1994. Vol. 9, №. 4. P. 425–432.

8. Горяшин, Н. Н. Анализ работы выходного фильтра импульсного преобразователя напряжения / Н. Н. Горяшин, Д. А. Лозовой // Решетневские чтения : тез. докл. VIII Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 2004. С. 60–61.

9. Shen, Z. J. Power MOSFET Switching Loss Analysis: A New Insight / Z. J. Shen, Yali Xiong, Xu Cheng et al. // IEEE Industry Applications Conf. 2006. Vol. 3. P. 1438–1442.

10. Пат. 2278456 РФ. Квазирезонансный высокочастотный преобразователь напряжения / Н. Н. Горяшин, М. В. Лукьяненко, А. Б. Базилевский. № 2004135972 ; заявл. 08.12.2004.

11. Wong, L. K. A simple Large Signal Nonlinear Modeling Approach for Fast Simulation of Zero-Current-Switch Quasi-Resonant Converters / L. K. Wong, F. H. Leung, K. S. Peter // IEEE Trans. Power Electronics. 1997. Vol. 12, № 3. P. 437–442.

12. Окснер, Э. С. Мощные полевые транзисторы и их применение : пер. с англ. / Э. С. Окснер. М. : Радио и связь, 1985.

13. Горяшин, Н. Н. Оптимизация параметров выходного фильтра квазирезонансного стабилизатора напряжения / Н. Н. Горяшин // Вестник СибГАУ. 2008. Вып. 2 (19). С. 126–131.

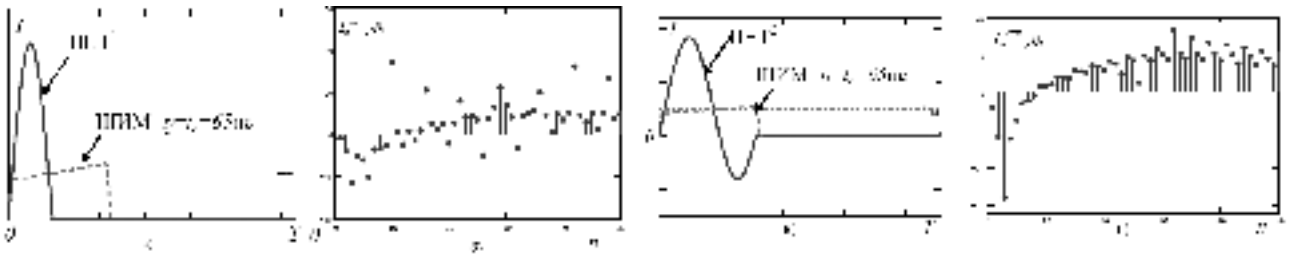


Рис. 6. Временные диаграммы тока КЭ режимов ПНТ (*а*) и ШИМ (*в*) и их относительные спектры в соответствии с формулой (22) (*б*, *г*); *n* – номер гармоники

N. N. Goryashin

EFFECTIVENESS ANALISYS OF SOFT-SWITCHING MODE IN HIGH FREQUENCY QUASI-RESONANT CONVERTERS

The effectiveness estimation method of zero-current switching quasi-resonant converter in comparison with classic PWM converter is proposed.

Keywords: soft-switching converter.

УДК 519.7

А. В. Лапко, В. А. Лапко, С. С. Варочкин

КОЛЛЕКТИВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ РЕГРЕССИЙ, ОСНОВАННЫЙ НА ДЕКОМПОЗИЦИИ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ

Предложена методика синтеза и анализа коллектива непараметрических регрессий, обеспечивающего высокую вычислительную эффективность решения задач восстановления стохастических зависимостей за счет использования технологии параллельных вычислений. Исследованы асимптотические свойства этого коллектива, приведены результаты их сравнения со свойствами традиционной непараметрической регрессии.

Ключевые слова: непараметрическая регрессия, большие выборки, асимптотические свойства, принципы декомпозиции, коллективное оценивание, параллельные вычислительные технологии.

Использование непараметрических моделей и алгоритмов, основанных на оценках плотности вероятности типа Розенблатта–Парзена, является одним из активно развивающихся направлений теории обучающихся систем. Эти модели и алгоритмы позволяют создавать типовые информационные средства, адаптируемые к условиям функционирования объектов различной природы. Однако при увеличении объема обучающей выборки вычислительная эффективность непараметрических статистик снижается. Подобные ситуации часто встречаются, например, при обработке больших массивов аэрокосмической информации. В этих условиях использование традиционных непараметрических моделей приводит к значительным временным затратам на формирование решений, в связи с чем возникает необходимость в разработке методики синтеза и анализа коллектива непараметрических регрессий, основанного на декомпозиции обучающих выборок по их объему.

Синтез коллектива непараметрических регрессий. Пусть $V = \left(x^i, y^i, i = \overline{1, n}\right)$ – выборка, составленная из n независимых наблюдений случайных величин $x = \left(x_v, v = \overline{1, k}\right)$ и y, распределенных с неизвестными плотностями вероятности $p(x, y)$ и $p(x) > 0$. Вид однозначной стохастической зависимости

$$y = \varphi\left(x_1, ..., x_k\right) \tag{1}$$

априори не задан.

Разобьем выборку V на T групп наблюдений $V_j = \left(x^i, y^i, i \in I_j\right)$, $j = \overline{1, T}$. Здесь I_j – множество номеров наблюдений переменных (x, y), составляющих j-ю группу, причем $\bigcup_{j=1}^{T} I_j = I = \left(i = \overline{1, n}\right)$.

На основании каждой выборки V_j осуществим синтез непараметрической регрессии [1]:

$$\overline{y}_j = \overline{\varphi}_j(x) = \frac{\sum\limits_{i \in I_j} y^i \prod\limits_{v=1}^{k} \Phi\left(\dfrac{x_v - x_v^i}{c_v(j)}\right)}{\sum\limits_{i \in I_j} \prod\limits_{v=1}^{k} \Phi\left(\dfrac{x_v - x_v^i}{c_v(j)}\right)},$$

$$j = \overline{1, T}, \tag{2}$$

где $\Phi(u)$ – ядерные функции, удовлетворяющие условиям H:

$$\Phi(u) = \Phi(-u), \quad 0 \le \Phi(u) < \infty,$$

$$\int \Phi(u)\, du = 1, \quad \int u^2\, \Phi(u)\, du = 1,$$

$$\int u^m\, \Phi(u)\, du < \infty, \quad 0 \le m < \infty;$$

$C_v(j)$, $v = \overline{1, k}$ – коэффициенты размытости ядерных функций, значения которых убывают с ростом количества элементов n_j множеств I_j, $j = \overline{1, T}$. Здесь и далее бесконечные пределы интегрирования опускаются.

Рассмотрим ряд модификаций статистической оценки зависимости (1):

– *среднее значение* $\overline{y}_j = \overline{\varphi}_j(x)$, $j = \overline{1, T}$. В качестве приближения $y = \varphi(x)$ по статистической выборке V используется статистика

$$\overline{\overline{y}} = \overline{\overline{\varphi}}(x) = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^{T} \overline{\varphi}_j(x). \tag{3}$$

Оптимизация частных непараметрических регрессий (2) по коэффициентам размытости c_v, $v = \overline{1, k}$, ядерных функций осуществляется в режиме «скользящего экзамена» исходя из условия минимума статистической оценки точности аппроксимации зависимости (1)

$$\overline{W}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{t \in I_j} \left(y^t - \overline{\varphi}_j\left(x^t\right)\right)^2.$$

При формировании слагаемых $\overline{W}_j$ ситуация $\left(x^t, y^t\right)$ исключается из процесса обучения в выражении непараметрической регрессии (2);

– *средневзвешенное значение* $\overline{y}_j$, $j = \overline{1, T}$. В этом случае обобщенная модель искомой зависимости формируется в соответствии с выражением

$$\tilde{\overline{y}} = \sum_{j=1}^{T} \alpha_j \overline{\varphi}_j(x),$$

где $\alpha_j = \dfrac{\overline{W}^{-1}}{\sum\limits_{t=1}^{T} \overline{W}_t^{-1}}$ – весовые коэффициенты частных непараметрических регрессий $\overline{\varphi}_j(x)$, $j = \overline{1, T}$, сумма которых равна единице;

– *оценивание наиболее вероятного значения искомой зависимости.* Будем полагать, что значение T достаточно для оценивания по выборке $\overline{y}_j$, $j = \overline{1, T}$, плотности вероятности частных решений $p\left(\overline{y}\right)$ при конкретном значении x. Для этого используем непараметрическую оценку плотности вероятности типа Розенблатта–Парзена [2]:

$$\overline{p}\left(\overline{y}\right) = \frac{1}{Tc} \sum_{j=1}^{T} \Phi\left(\frac{\overline{y} - \overline{y}_j}{c}\right). \tag{4}$$

Выбор оптимального параметра c статистики (4) осуществляется по условию максимума функции правдоподобия

$$L(c)=\prod_{i=1}^{T}\bar{p}\left(\bar{y}^{i}\right).$$

При вычислении значений $\bar{p}\left(\bar{y}^{i}\right)$ в соответствии со статистикой (4) полагаем $i\neq j$.

Наиболее вероятное значение y находим по условию

$$y=\arg\max_{\bar{y}}\bar{p}\left(\bar{y}\right),$$

используя численные методы поиска экстремума – максимума оценки плотности вероятности $\bar{p}\left(\bar{y}\right)$.

Асимптотические свойства коллектива непараметрических регрессий. Без существенной потери общности рассмотрим асимптотические свойства статистики (3) для случая, когда x – скаляр и вид плотности вероятности $p(x)$ известен. В этих условиях справедливо следующее утверждение.

Теорема. Пусть $\varphi(x), p(x,y), p(x)\neq 0$ и первые их производные ограничены и непрерывны; ядерные функции $\Phi(u)\in H$; последовательности $c_j = c(n_j)$ коэффициентов размытости ядерных функций таковы, что при $n_j\to\infty$ значения $c(n_j)\to 0$, а значения $n_j c_j\to\infty$, $j=\overline{1,T}$. Тогда при конечных значениях T коллектив непараметрических регрессий (3) обладает свойством асимптотической несмещенности и состоятельности.

Доказательство. По определению имеем

$$M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)\right)=\frac{1}{T}\sum_{j=1}^{T}M\left(\bar{\varphi}_j(x)\right)=$$

$$=\frac{1}{T}\sum_{j=1}^{T}\left(c_j^{-1}p(x)\right)^{-1}\int\varphi(t)\Phi\left(\frac{x-t}{c_j}\right)p(t)\,dt,$$

где $\varphi(t)=M\left(\frac{y}{x}\right)$; M – знак математического ожидания.

Проведем в интеграле замену переменных $(x-t)c_j^{-1}=u$ и, разлагая функции $\varphi(x-c_j u)$, $p(x-c_j u)$ в ряд Тейлора в точке x, с учетом свойств ядерной функции $\Phi(u)$ получим

$$W_1=M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)-\varphi(x)\right)\sim A^1(x)\times$$
$$\times\frac{1}{T}\sum_{j=1}^{T}c_j^2+A^2(x)\frac{1}{T}\sum_{j=1}^{T}c_j^4. \qquad (5)$$

Здесь

$$A^1(x)=\left(\varphi(x)p(x)\right)^{(2)}\Big/\left(2p(x)\right),$$
$$A^2(x)=p^{(2)}(x)\varphi^{(2)}(x)\int u^4\varphi(u)\,du\Big/\left(4p(x)\right),$$

где $p^{(2)}(x)$, $\varphi^{(2)}(x)$ – вторые производные по x соответствующих функций.

Отсюда при выполнении условий $c(n_j)\to 0$ и $n_j\to\infty$ следует свойство асимптотической несмещенности статистики (3).

Для доказательства состоятельности оценки $\bar{\bar{y}}=\bar{\bar{\varphi}}(x)$ вычислим ее дисперсию:

$$D\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)\right)=M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)-\varphi(x)\right)^2-\left(M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)-\varphi(x)\right)\right)^2.$$

Исследуем асимптотические свойства среднеквадратического отклонения:

$$M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)-\varphi(x)\right)^2=$$

$$=\frac{1}{T^2}M\left(\begin{array}{l}\sum\limits_{j=1}^{T}\left(\varphi(x)-\bar{\varphi}_j(x)\right)^2+\\ +\sum\limits_{j=1}^{T}\sum\limits_{\substack{t=1\\ t\neq j}}^{T}\left(\varphi(x)-\bar{\varphi}_j(x)\right)\left(\varphi(x)-\bar{\varphi}_t(x)\right)\end{array}\right). \qquad (6)$$

С учетом результатов исследования асимптотических свойств традиционной непараметрической регрессии, пренебрегая величинами малости c_j/n_j, $c_j^2c_t^4$, $j=\overline{1,T}$, $t=\overline{1,T}$, приведем выражение (6) при достаточно больших значениях n_j, $j=\overline{1,T}$, к виду

$$M\left(\bar{\bar{\varphi}}(x)-\varphi(x)\right)^2=$$
$$=\frac{1}{T^2}\left(\begin{array}{l}\sum\limits_{j=1}^{T}\left(\frac{\left\|\Phi(u)\right\|^2\varphi^2(x)}{n_j c_j p(x)}+c_j^4\left(A^1(x)\right)^2\right)+\\ +\left(A^1(x)\right)^2\sum\limits_{j=1}^{T}\sum\limits_{\substack{t=1\\ t\neq j}}^{T}c_j^2c_t^2\end{array}\right). \qquad (7)$$

Нетрудно заметить, что при выполнении условий $c(n_j)\to 0$ и $n_j c_j\to\infty$ при $n_j\to\infty$, $j=\overline{1,T}$, коллектив непараметрических регрессий (3) сходится в среднеквадратическом отклонении, а с учетом свойств асимптотической несмещенности является состоятельным.

Сравнение аппроксимационных свойств коллектива непараметрических регрессий и традиционной непараметрической регрессии. Рассмотрим соотношения между асимптотическими смещениями, среднеквадратическими отклонениями и дисперсиями непараметрической регрессии $\tilde{y}=\tilde{\varphi}(x)$ и $y=\bar{\bar{\varphi}}(x)$ при оптимальных значениях коэффициента размытости ядерных функций.

Асимптотическое выражение смещения для непараметрической регрессии при $x\in R^1$

$$\tilde{y}=\tilde{y}(x)=\left(ncp(x)\right)^{-1}\sum_{i=1}^{n}y^i\Phi\left(\frac{x-x^i}{c}\right) \qquad (8)$$

имеет вид [3]

$$W_2=M\left(\tilde{\varphi}(x)-\varphi(x)\right)\sim c^2A^1(x)+c^4A^2(x),$$

а для обобщенной непараметрической регрессии (3) определяется выражением (5).

Оптимальное значение c^* статистики (8), минимизирующее асимптотическое выражение среднеквадратического отклонения

$$\int M\left(\tilde{\varphi}(x)-\varphi(x)\right)^2dx, \qquad (9)$$

определяется по формуле

$$c^*=\left(\frac{\left\|\Phi(u)\right\|^2\int\varphi^2(x)p^{-1}(x)\,dx}{n\int\left(A^1(x)\right)^2dx}\right)^{1/5},$$

где $\left\|\Phi(u)\right\|^2=\int\Phi^2(u)\,du$.

Для получения аналитически значимых результатов примем $n_j=n/T$, $j=\overline{1,T}$. В этом случае оптимальные значения $\bar{c}\left(n_j\right)=\bar{c}\left(n/T\right)=\bar{c}$ частных непараметрических регрессий $\bar{\varphi}_j(x)$, $j=\overline{1,T}$, в смысле минимума критерия типа (9) имеют вид $\bar{c}^*=c^*T^{1/5}$.

Нетрудно показать, что при оптимальных значениях коэффициентов размытости разность между W_1 и W_2 дана выражением

$$\Delta W_{21}=W_2-W_1=\left(c^*\right)^2\left(1-T^{2/5}\right)\times$$
$$\times\left[A^1(x)+A^2(x)\left(c^*\right)^2\left(1+T^{2/5}\right)\right].$$

Знак ΔW_{21} определяется разностью $\left(1-T^{2/5}\right)<0$ при $T>1$, т. е. смещение обобщенной непараметрической регрессии $\bar{\bar{\varphi}}(x)$ больше, чем $\tilde{\varphi}(x)$.

Как и следовало ожидать, при $T = 1$ асимптотические смещения $\overline{\overline{\varphi}}(x)$ и $\tilde{\varphi}(x)$ одинаковы.

При разбиении исходной выборки на T групп точек одинакового объема n / T асимптотическое выражение критерия

$$W_3 = \int M\left(\overline{\overline{\varphi}}(x) - \varphi(x)\right)^2 dx$$

при оптимальных коэффициентах $\bar{c}^*$ ядерных функций преобразуется к виду

$$W_3 \sim \left(\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2 \int \varphi^2(x) p^{-1}(x) dx}{n} \right)^4 \times \left(\times \int \left(A^1(x)\right)^2 dx \right) \right)^{1/5} \times \times \frac{1+T^2}{T^{6/5}} = W_4 \frac{1+T^2}{T^{6/5}}. \quad (10)$$

При этом W_3 связано с асимптотическим выражением W_4 критерия (9) для традиционной непараметрической регрессии соотношением

$$W_3 = \frac{1+T^2}{2T^{6/5}} W_4 .$$

Тогда

$$\frac{W_4}{W_3} = \frac{2T^{6/5}}{1+T^2} < 1 , \quad (11)$$

что подтверждает несколько большую эффективность в среднеквадратическом отклонении непараметрической регрессии (8) по сравнению с коллективом (3), например при $T = 2$ отношение (11) равно 0,92, а при $T = 3$ – 0,75.

Вместе с тем дисперсия статистики (8) больше, чем дисперсия коллектива непараметрических регрессий (3). В этом нетрудно убедиться, если сравнить их главные дисперсионные составляющие в асимптотическом выражении критерия (9) при оптимальных коэффициентах размытости в W_6 и значение $W_5 = \frac{W_6}{T^{6/5}}$ в соответствующем выражении критерия (7). Их отношение

$$\frac{W_6}{W_5} = T^{6/5} > 1 , \ \forall T > 1 .$$

Как и следовало ожидать, коллектив непараметрических регрессий (3) характеризуется меньшей дисперсией по сравнению со статистикой (8).

Коллектив непараметрических регрессий, основанный на декомпозиции обучающей выборки по объему, обеспечивает возможность использования технологии параллельных вычислений при восстановлении многомерных стохастических зависимостей. Установлено, что этот коллектив имеет асимптотические свойства, а его дисперсия значительно меньше дисперсии традиционной непараметрической регрессии.

Библиографический список

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

2. Parzen, E. On estimation of a probability density function and mode / E. Parzen // Ann. Math. Statistic. 1962. Vol. 33. P. 1065–1076.

3. Лапко, А. В. Имитационные модели неопределенных систем / А.В. Лапко. Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1993.

A. V. Lapko, V. A. Lapko, S. S. Varochkin

COLLECTIVE OF NONPARAMETRIC REGRESSIONS BASED ON DECOMPOSITION OF TRAINING SAMPLE

The technique of synthesis and the analysis of collective nonparametric regresses providing high computing efficiency of the decision of problems of restoration of stochastic dependences due to use of technology of parallel calculations is offered. Asymptotic properties of collective are researched, its comparison with traditional nonparametric regression is made.

Keywords: nonparametric regression, the big samples, asymptotic properties, principles of decomposition, collective estimations, parallel computing technologies.

УДК 533.95

В. С. Славин, И. А. Кузоватов, А. В. Минаков

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДГОНКИ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В КАНАЛЕ ЛИНЕЙНОГО МГД-УСКОРИТЕЛЯ

Разработан и протестирован высокоэффективный численный алгоритм, позволяющий решать широкий класс двумерных нестационарных конвективно-диффузионных задач. Проведено математическое моделирование нестационарных процессов, протекающих в канале линейного МГД-ускорителя. В полной постановке решена двумерная задача магнитной гидродинамики с учетом эффекта Холла. В результате моделирования обнаружен эффект отклонения токового слоя от направления, перпендикулярного электродам ускорителя. Полученные результаты качественно согласуются с экспериментальными данными.

Ключевые слова: экспоненциальная подгонка, математическое моделирование, вычислительная гидродинамика, токовый слой.

Планируемые в недалеком будущем пилотируемые полеты к планетам Солнечной системы потребуют разработки ракетного двигателя с высокой тягой и удельным импульсом. Это позволит существенно сократить время пребывания человека в условиях жесткой космической радиации, сократить расход рабочего тела и, соответственно, уменьшить необходимый запас топлива на борту корабля, увеличив тем самым массу полезного груза. Удовлетворить эти требования могли бы электрические ракетные двигатели (ЭРД) – устройства, которые используют интенсивный импульс электрического тока (порядка $10^4…10^6$ А) для создания высокоскоростной (порядка $10^3…10^5$ м/с) плазменной струи. Существующие в настоящее время образцы подобного рода устройств нашли широкое применение в космической технике, а также во многих научных экспериментах как источники плазмы. Но, к сожалению, они обладают очень низким уровнем тяги (не более 1 Н), что делает нецелесообразным их применение в качестве маршевых двигателей для космических кораблей.

Низкая сила тяги современных ЭРД связана с самим принципом их работы. Поскольку большинство современных ЭРД работают только с однородным стационарным плазменным потоком, то для предотвращения возникновения различного рода неустойчивостей, стремящихся эту однородность разрушить, данные устройства вынуждены работать при очень низких давлениях, что и обусловливает низкий уровень тяги. Эту проблему может решить создание индукционного ЭРД фарадеевского типа с неоднородной токовой структурой. Существование таких нестационарных, стабильных плазменных структур – так называемых Т-слоев, которые появляются в плазменном потоке, движущемся в поперечном магнитном поле, – было обнаружено в результате численного моделирования в 60-х гг. прошлого века. Т-слои являются результатом развития перегревной неустойчивости, которая в условиях МГД-ускорителя неизбежно возникает, как только плазма из-за охлаждения холодным газом переходит в состояние слабой ионизации. Т-слои – это плазменные поршни, ориентированные вдоль вектора электрического поля и движущиеся вместе с газовым потоком, и поэтому их можно использовать для ускорения неоднородного газоплазменного потока в фарадеевском МГД-канале.

Принципиальная возможность использования Т-слоя для данных целей была показана в работах [1–3]. Одномерное численное моделирование работы индукционного ЭРД с неоднородной токовой структурой показало возможность достижения средней скорости на выходе канала порядка 40…50 км/с при величине расхода рабочего тела 10…50 г/с, что обеспечивает значения тяги в диапазоне 400…2 000 Н.

Однако результаты одномерного моделирования не дают ответа на вопрос, является ли токовый слой устойчивым по отношению к многочисленным возмущениям, которые с неизбежностью будут возникать в канале МГД-ускорителя. Так, в частности, в работах [4; 5] был описан эффект так называемого накренения (*canting*) токового слоя, который заключается в отклонении плазменного сгустка от направления, перпендикулярного электродам в канале линейного МГД-ускорителя. Искривленный токовый слой создает поперечную электродам компоненту силы тяги ЭРД, из-за чего появляется дополнительный вращательный момент, который ухудшает управление космическим кораблем. Кроме того, дополнительная поперечная сила тратит энергию на разгон газа, не преобразуя ее в полезную тягу. Таким образом, в данном случае двумерный эффект приводит к существенному ухудшению характеристик МГД-ускорителя. В связи с этим была поставлена задача изучения нестационарных двумерных процессов в канале линейного ускорителя, чтобы построить и отработать на имеющихся экспериментальных данных математическую модель, которую затем можно будет использовать для более детального изучения процессов в разрабатываемом индукционном ускорителе фарадеевского типа.

Физическая модель. Для проведения численного моделирования процесса ускорения плазменного сгустка использовались данные эксперимента, описанного в [4; 5]. Линейный МГД-ускоритель, или рельсотрон (рис. 1), представляет собой два медных электрода, разделенных диэлектрической вставкой и подключенных к электрической цепи с батареей конденсаторов емкостью 10 мкФ и катушкой индуктивности 100 нГн. Боковые стенки ускорителя выполнены из прозрачного материала – пирекса – для проведения скоростной фотосъемки. Длина МГД-канала 60 см, ширина 10 см, расстояние между электродами 5 см.

В начальный момент МГД-канал заполнен холодным непроводящим аргоном при давлении 100 мторр. При замыкании электрической цепи в МГД-канале происходит пробой холодного газа, формируется дуговой разряд, который затем развивается в токовый слой. Возникающее при этом магнитное поле, параллельное плоскости электродов, ускоряет плазменный сгусток. Под действием теплового и силового факторов происходит формирование плазменного поршня (Т-слоя), который ускоряет участок газового потока, оказавшийся перед ним. Впереди Т-слоя следует сжатый им массовый сгусток, плотность которого резко падает при переходе к волне разрежения, возникающей за Т-слоем. Низкое давление плазмы в хвосте токового слоя приводит к тому, что параметр Холла в волне разряжения становится достаточно большим. В результате возникает холловская компонента силы тока, а вместе с ней – и перпендикулярная потоку компонента силы Лоренца, которая способствует тому, что токовый слой отклоняется от ортогонального к электродам направления (рис. 2).

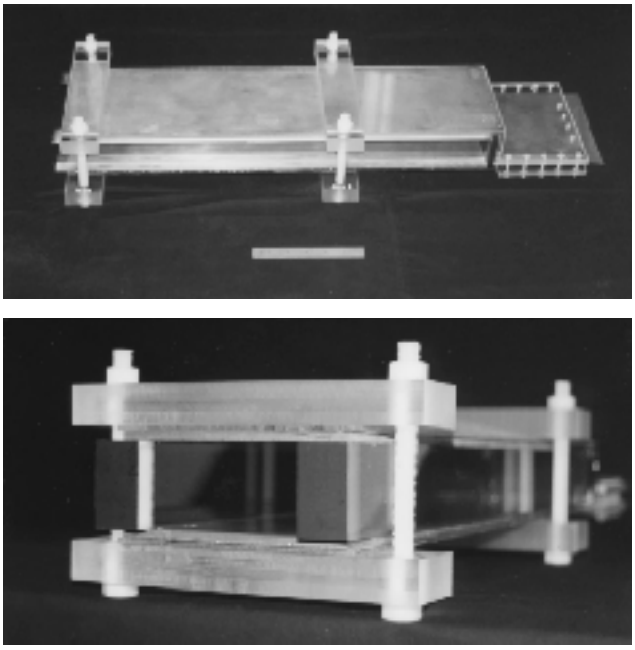


Рис. 1. Фотографии экспериментальной установки

Следующей фазой развития Т-слоя является фаза «снежного плуга», которая начинается, когда искривленная токовая ветвь соединяется с катодом. Непроницаемый для холодного газа Т-слой, подобно плугу, сгребает газ впереди себя. Основной плазменный канал, оторвавшийся от анода, движется к катоду и на стадии «снежного плуга» превращается в след, который тянется за токовым слоем. Более детально процессы, происходящие с токовым слоем в канале ускорителя, описаны в [4]. Нас же больше будет интересовать непосредственное влияние на плазменный сгусток эффекта Холла. Для изучения этого влияния обратимся к численному моделированию.

Математическая модель. Для численного моделирования описанного выше процесса решалась полная система двумерных уравнений магнитной газодинамики, которая, помимо законов сохранения массы, импульса и энергии, включала уравнение индукции магнитного поля с учетом эффекта Холла.

Уравнение неразрывности было следующим:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\cdot u)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\cdot v)=S(T), \qquad (1)$$

где $S(T)$ – источниковое слагаемое, отвечающее за увеличение массы газа в МГД-канале, связанное с интенсивной эрозией электродов. Значение этого источника находилось из эмпирического соотношения, а величины входящих в соотношение коэффициентов подобраны в результате методических расчетов:

$$S(T)=0{,}5\cdot e^{(-1{,}5/T)}. \qquad (2)$$

Закон сохранения импульса с учетом силы Лоренца представлен в виде

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\cdot u)+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\cdot u^2+P)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\cdot v\cdot u)=j_y\cdot B, \qquad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\cdot v)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\cdot v^2+P)+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\cdot v\cdot u)=-j_x\cdot B, \qquad (4)$$

а закон сохранения энергии с учетом джоулевой диссипации и радиационных потерь – в виде

$$\frac{\partial e}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(u(e+P))+\frac{\partial}{\partial y}(v(e+P))=\vec{J}\cdot\vec{E}-q_r, \qquad (5)$$

где e – полная удельная энергия плазмы; P – давление газа; u и v – компоненты вектора скорости потока; ρ – плотность газа.

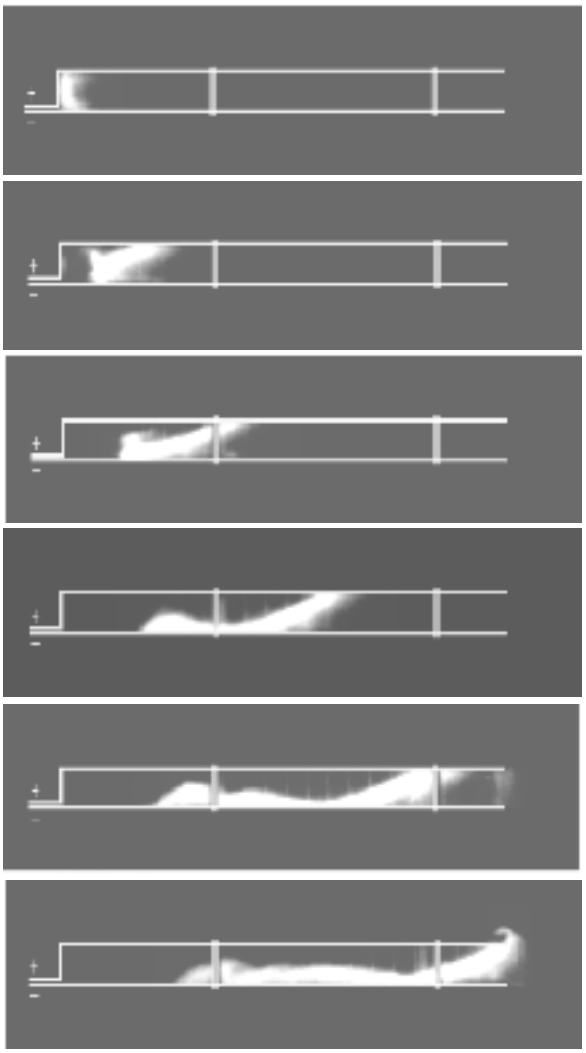


Рис. 2. Фотографии токового слоя через каждые 3 мкс [4]

В качестве уравнения состояния аргона использовалось уравнение идеального газа.

Радиационные потери энергии из объема плазмы, расчет которых даже в грубом приближении является сложной проблемой, в данной модели учитывались как величина, пропорциональная T^4. Коэффициент пропорциональности подбирался с таким расчетом, чтобы радиационные потери стабилизировали температуру плазмы в Т-слое на уровне $2\cdot10^4$ К [3]. Такой подход отражает экспериментальные данные о свойствах плазмы в условиях, близких к поставленной нами задаче. Таким образом, радиационные потери в единице объема плазмы брались в виде

$$q_r = q_0 \cdot T^4,\ q_0 = 10. \qquad (6)$$

Для инициирования токового слоя в начале канала создавалось локальное изобарическое возмущение температуры до максимального значения $T_{\max} = 10^4$ К.

В качестве граничных условий для газодинамических параметров на твердых стенках ставились условия скольжения и непротекания, на выходе из МГД-канала – условие сноса, т. е. равенства нулю производной по нормали к границе для всех величин.

Распределение электромагнитных величин находилось из уравнений Максвелла, дополненных дифференциальным законом Ома с учетом эффекта Холла:

$$\vec{J} = \sigma\left(\vec{E} + \vec{V}\times\vec{B}\right) - \frac{\vec{J}\times\vec{B}}{|B|}\beta,$$

$$\vec{J} = \frac{1}{\mu\cdot\mu_0}\nabla\times\vec{B},\ \nabla\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t},\ \nabla\cdot\vec{B} = 0. \qquad (7)$$

Объединив эти уравнения, получим уравнение индукции магнитного поля:

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla\left(\frac{1}{\mu\cdot\mu_0\cdot\sigma}\nabla B - B\left(\vec{V} - \frac{\vec{J}\cdot\beta}{B\cdot\sigma}\right)\right), \qquad (8)$$

где $\vec{B}$ – индукция магнитного поля; $\vec{J}$ – плотность электрического тока; β – параметр Холла; σ – электропроводность плазмы; $\vec{V}$ – скорость газового потока; $\vec{E}$ – напряженность электрического поля.

Для определения граничных условий в магнитном поле на левой границе расчетной области решалось электротехническое уравнение цепи с конденсатором и контуром возбуждения, который индуктивно связан с плазмой:

$$L\frac{dI(t)}{dt} + R\cdot I(t) - U(t) = -\frac{d}{dt}\Phi(t),$$

$$l_Z\cdot E = -\frac{d}{dt}\Phi(t),\ \frac{dU}{dt} = -\frac{I(t)}{C},$$

$$I(t) = \frac{B(0,t)}{h\cdot\mu_0},\ U(0) = 9\ \text{кВ},\ I(0) = 0\ \text{А},$$

$$C = 10\ \text{мкФ},\ L = 100\ \text{нГн}, \qquad (9)$$

где R – сопротивление цепи; U – напряжение на конденсаторе; Φ – магнитный поток; I – ток в цепи; L – индуктивность плазмы; C – емкость конденсатора; l_z – ширина электродов; h – шаг разностной сетки. На остальных границах задавались условия Неймана:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = 0 \text{ при } x = l_x,\ \frac{\partial B}{\partial y} = 0 \text{ при } y = 0 \text{ и } y = l_x. \qquad (10)$$

В качестве модели плазмы была использована равновесная модель. Электропроводность газа рассчитывалась по эмпирической формуле, качественно верно отражающей поведение реальной плазмы:

$$\sigma = \frac{\sigma_L\sigma_S}{\sigma_L+\sigma_S},\ \sigma_S = \frac{1{,}53\cdot10^{-2}T^{3/2}}{\ln(\Lambda)},\ \sigma_L = \frac{n_e\cdot e^2}{m_e\cdot\sigma_{ea}^{tr}\cdot V_{ea}}, \qquad (11)$$

где σ_L – лоренцевская проводимость, обусловленная электрон-атомными столкновениями, которые преобладают в плазме при низких температурах; σ_S – спитцеровская проводимость, обусловленная кулоновскими электрон-ионными столкновениями, которые преобладают при более высоких температурах.

Концентрация электронов для равновесной плазмы аргона находилась из уравнения Саха:

$$n_e = -K_S + \sqrt{K_S^2 + \frac{P\cdot K_S}{k\cdot T}}, \qquad (12)$$

$$K_s = \frac{\left(2\pi m_e kT\right)^{3/2}}{h^3}\exp\left(-\frac{I}{kT}\right),$$

где I – потенциал ионизации атомов аргона; h – постоянная Планка; k – постоянная Больцмана; m_e – масса электрона.

Параметр Холла вычислялся следующим образом:

$$\beta = \frac{eB}{m_e\left(\nu_{ea}+\nu_{ei}\right)},$$

$$\nu_{ei} = 8{,}83\cdot10^{-6}\cdot n_e\cdot T^{-3/2},\ \nu_{ea} = n_a\cdot V_{ea}\cdot\sigma_{ea}^{tr},$$

где ν_{ei} – частота столкновений электронов с ионами; ν_{ea} – частота столкновений электронов с атомами.

Численная методика. Расчетная область представляет собой прямоугольник, ограниченный сверху и снизу электродными стенками канала, справа – диэлектрической стенкой, а слева – выходной границей. Простота геометрии задачи позволяет получать численное решение на однородной прямоугольной сетке. Представленные далее результаты расчетов получены на разностной сетке 300×60 узлов (размеры расчетной ячейки $2\times0{,}8$ мм).

Детально численная методика описана в [6], здесь же отметим лишь основные ее моменты.

Пожалуй, наибольшую сложность представляло решение уравнения магнитной индукции (8), характеризующегося сильной нелинейностью, вызванной наличием членов, связанных с эффектом Холла. Как известно, МГД-задачи с эффектом Холла являются неустойчивыми, и поэтому такие задачи обычно решаются через потенциал электрического поля в приближении постоянства магнитной индукции или же с использованием вектора-потенциала магнитного поля. Численная методики [6] позволяет решать уравнение магнитной индукции в той форме, в которой оно записано в уравнении (8). Стоит также отметить, что дифференциальное уравнение (8) по своей природе является задачей с сильно переменными коэффициентами и большими градиентами, что также наложило свои ограничения на выбор метода решения. Преодолеть все описанные выше трудности удалось благодаря использованию абсолютно устойчивой схемы с экспоненциальной подгонкой [7].

Взаимодействие подсистемы Эйлера с уравнениями Максвелла осуществлялось при помощи метода расщеп-

ления по физически процессам [8], суть которого состоит в следующем.

На первом этапе учитывались конвективные потоки и газодинамическая сила, что достигалось решением подсистемы Эйлера явной TVD-схемой Хартена:

$$\frac{\vec{U}^* - \vec{U}^n}{\tau} + \frac{\partial}{\partial x}\left(G(\vec{U})\right)^n + \frac{\partial}{\partial y}\left(H(\vec{U})\right)^n = 0\,, \qquad (13)$$

где $\vec{U}$ – вектор газодинамических величин; τ – шаг по времени, определяемый из условия Куранта; n – номер временного слоя; $\vec{U}^*$ – промежуточное распределение.

На втором этапе в результате решения уравнения магнитной индукции находились распределения электрического и магнитного полей:

$$\frac{B^k - B^n}{\tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\Gamma^* \frac{\partial B}{\partial x} - B \cdot u^*\right)^k + \\ + \frac{\partial}{\partial y}\left(\Gamma^* \frac{\partial B}{\partial y} - B \cdot v^*\right)^k + \vec{F}^k. \qquad (14)$$

На третьем этапе учитывались МГД-эффекты (сила Лоренца, джоулева диссипация) и объемные радиационные потери энергии:

$$\rho^* \frac{u^{k+1} - u^*}{\tau} = j_y^k B^k\,,$$

$$\rho^* \frac{v^{k+1} - v^*}{\tau} = -j_x^k B^k\,,$$

$$\rho^* \frac{\varepsilon^{k+1} - \varepsilon^*}{\tau} = \frac{\left(\vec{j}^k\right)^2}{\sigma^k} - q_0\left(T^k\right)^4\,, \qquad (15)$$

где k – номер внутренней итерации; ε – внутренняя энергия газа.

Для увеличения устойчивости метода производилась корректировка $\bar{U}^{k+1}$ при помощи метода нижней релаксации:

$$\bar{U}^{k+1} = \alpha\left(\vec{U}\right)^{k+1} + (1-\alpha)\vec{U}^k\,, \qquad (16)$$

где α – параметр нижней релаксации, равный 0,2. После достижения сходимости этого итерационного процесса полученное решение $\bar{U}^{k+1}$ принималось за решение на новом временном слое.

Результаты моделирования. Все представленные в данной статье результаты приведены в безразмерных единицах, для перевода этих величин в СИ нужно умножить их на соответствующий размерный множитель: $T = 10^4$ К, $V = 10^3$ м/с, $P = 10^5$ Па, $J = 10^5$ А/м^2, $E = 10^3$ В/м, $B = 1$ Тл, $m = 10^{-1}$ кг, $t = 10^{-3}$ с.

Для отражения динамики нестационарного процесса приведем одномерное распределение всех параметров по длине канала для четырех последовательных моментов времени (рис. 3). Характер расчетных кривых говорит о том, что начальный плазменный сгусток формируется в токовый слой, температура которого стабилизируется на уровне $2 \cdot 10^4$ К. Толщина Т-слоя ≈ 2…3 см, что должно обеспечивать гидродинамическую устойчивость поршневой структуры по отношению к неустойчивости Релея–Тейлора. Сопоставление взаимного расположения скачков плотности и пиков температуры приводит к выводу, что максимум плотности опережает максимум температуры на толщину Т-слоя. Таков непосредственный результат воздействия плазменного поршня на газ. Анализ распределения магнитного поля в канале показывает, что образуется ступенчатая структура с резким падением магнитной индукции на Т-слое. Это явление объясняется тем, что Т-слой не полностью экранирует магнитное поле, которое сохраняет достаточное значение. Токовый слой, подобно поршню, увлекает за собой холодный газ, поэтому давление в волне разрежения за Т-слоем сильно падает по мере продвижения плазмы по каналу. Как и ожидалось, низкое давление плазмы в хвосте токового слоя приводит к тому, что параметр Холла в волне разряжения достигает значительной величины. Однако из-за высокой температуры плазмы в МГД-канале происходит непрерывная эрозия электродов, которая обеспечивает приток массы газа в волну разрежения, в связи с чем давление (а вместе с ним и параметр Холла) в хвосте Т-слоя постепенно стабилизируется.

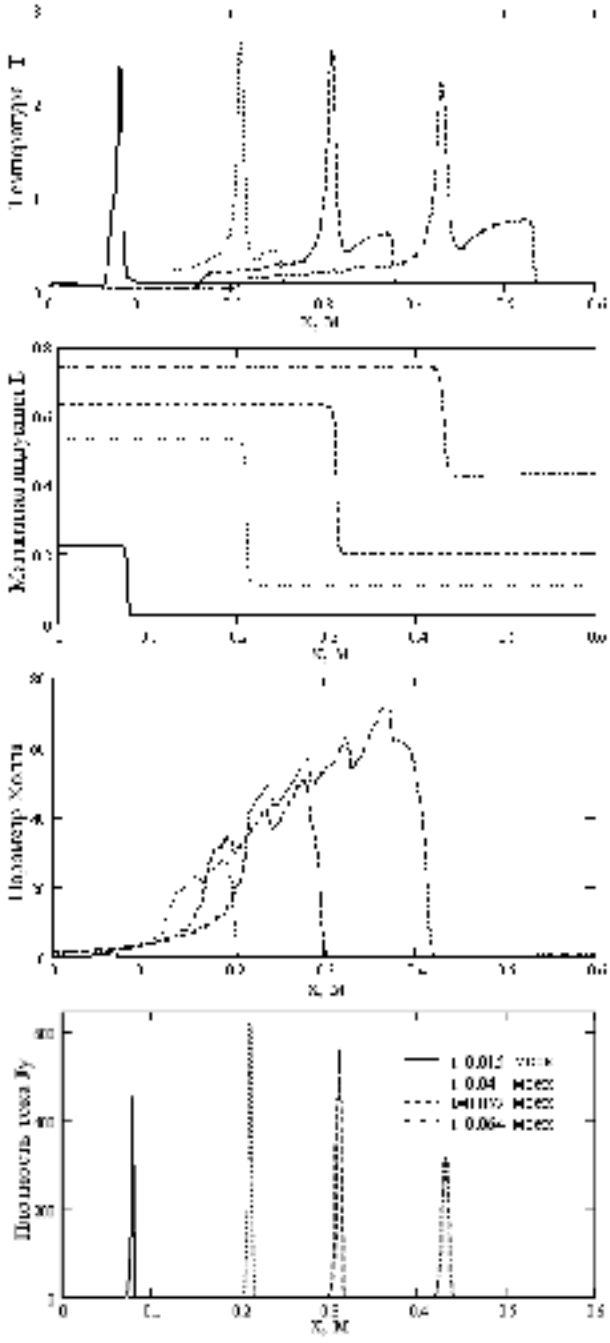
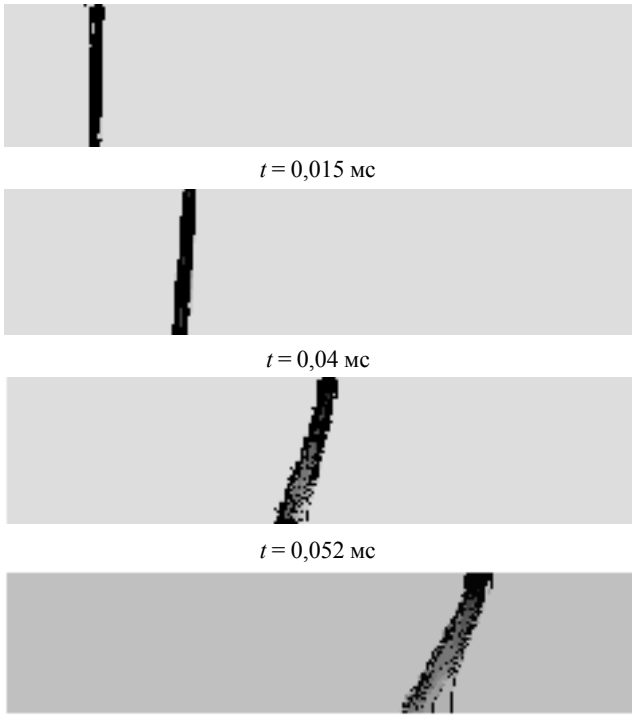


Рис. 3. Мгновенное распределение величин вдоль центральной линии МГД-канала

В используемой авторами численной методике приток массы от горящих электродов моделировался введением источника в уравнение неразрывности. Определение точного количества образующегося газа является весьма сложной задачей, но качественно можно считать, что интенсивность эрозии зависит от температуры по закону Аррениуса. Введение источника в уравнение неразрывности не только привело к уменьшению параметра Холла в волне разрежения до величин, соответствующих экспериментальным, но и в целом стабилизировало расчет.

Для большей наглядности приведем двумерное распределение плотности тока в расчетной области в виде изолинии (рис. 4). Поскольку параметр Холла в МГД-канале намного превышает единицу, то возникает достаточно большая холловская компонента силы тока, а вместе с ней и перпендикулярная потоку компонента силы Лоренца. Эта компонента приводит к тому, что токовый слой, оставаясь непроницаемым для холодного газа, отклоняется от ортогонального к электродам направления, т. е. имеет место ярко выраженное явление накренения плазменного сгустка.



t = 0,015 мс

t = 0,04 мс

t = 0,052 мс

t = 0,064 мс

Рис. 4. Изолинии плотности тока в диапазоне от 0 до 640 в различные моменты времени

Сопоставление расчетных данных с экспериментальными [2] (рис. 5) показывает, что численные результаты качественно верно описывают поведение Т-слоя в эксперименте.

Таким образом, разработан высокоэффективный численный алгоритм, позволяющий рассчитывать широкий класс двумерных нестационарных сильно неоднородных МГД-течений идеального газа, с большими значениями параметра Холла.

В результате применения разработанного алгоритма решена задача двумерного численного моделирования МГД-процесса эволюции плазменного сгустка в канале линейного ускорителя, что подтвердило существование наблюдаемого в экспериментах эффекта отклонения Т-слоя от направления, перпендикулярного электродам.

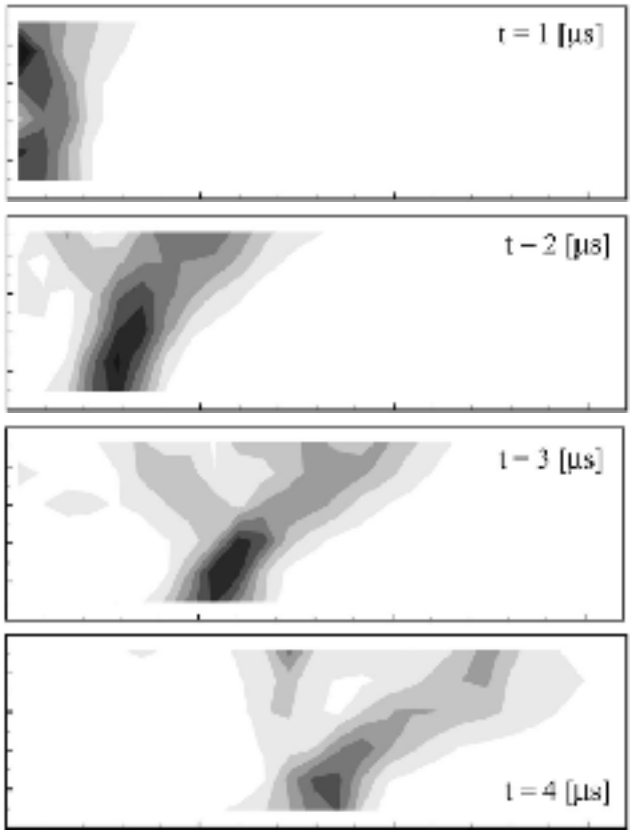


Рис. 5. Экспериментальные изолинии плотности тока в диапазоне от 0 до 400

Полученная система уравнений магнитной газодинамики в рассмотренной постановке хотя и не позволяет полностью описать начальную фазы развития токового слоя, тем не менее дает возможность качественно предсказать его поведение на более поздних этапах. Дальнейшее решение этой проблемы, по-видимому, потребует включения в обобщенный закон Ома слагаемого, связанного с градиентом давления, а также учета вязких сил и турбулентности.

В целом можно отметить, что наличие пространственных эффектов, существенно сказывающихся на работе МГД-устройства, в целом не отвергает идею создания эффективного МГД-ускорителя с неоднородным газоплазменным потоком.

Библиографический список

1. Славин, В. С. Диаграмма состояний стабилизированного токового слоя в канале МГД-генератора / В. С. Славин, Е. Н. Васильев, В. В. Овчинников // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290, № 6. С. 1305–1309.

2. Гаврилов, А. А. Структура турбулентного неоднородного газоплазменного течения в канале магнитогидродинамического ускорителя / А. А. Гаврилов, В. С. Славин // Сб. докл. XXVI Сиб. теплофиз. семинара. Новосибирск, 2002.

3. Космическое применение магнитогидродинамических методов преобразования энергии с использованием

неоднородных газоплазменных потоков : монография / В. С. Славин, В. С. Соколов, К. А. Финников и др. ; под ред. В, С. Славина ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 2004.

4. Marcusic, T. E. Phenomenological model of current sheet canting in pulsed electromagnetic accelerators / T. E. Marcusic, E. Y. Choueiri // 28th Intern. Electric Propulsion Conf. Toulouse, France, 2003. P. 0293.

5. Marcusic, T. E. Measurements of current sheet canting in pulsed electromagnetic accelerator / T. E. Marcusic, E. Y. Choueiri, J. W. Berkery // Physics of plasmas. 2004. Vol. 11. № 10.

6. Минаков, А. В. Численное моделирование нестационарных процессов, протекающих в канале рельсотрона : дисс. … магистра / А. В. Минаков ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 2005.

7. Кузоватов, И. А. Анализ влияния эффекта Холла на структуру неравновесного плазменного слоя в канале МГД-генератора / И. А. Кузоватов, Т. А. Миловидова, В. С. Славин // Вычисл. технологии. Новосибирск, 2007. Т. 12, № 4. С. 73–84.

8. Марчук, Г. И. Методы расщепления / Г. И. Марчук. М. : Наука, 1988.

V. S. Slavin, I. A. Kuzovatov, A. V. Minakov

APPLICATION OF FINITE DIFFERENCE SCHEME WITH EXPONENTIAL FITTING FOR NUMERICAL SIMULATION OF UNSTEADY PROCESSES IN THE MHD CHANNEL

The highly effective numerical algorithm is developed and tested. It allows to solve a wide class of bidimentional non-stationary problems. Mathematical modeling of the non-stationary processes proceeding in the channel linear MHD – the accelerator is lead. In full statement the bidimentional problem of magnetic hydrodynamics in view of effect of the Hall is solved. In the result of modeling the deviation current effect of a layer from a direction, perpendicular to electrodes of the accelerator is found out. The results are will qualitatively coordinated with experimental data.

Keywords: exponential fitting, mathematical simulation of physical processes, computational meth-ods, computational hydrodynamics.

УДК 004.056.55

Т. А. Чалкин, К. М. Волощук

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ УЗЛОВ ЗАМЕН АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ ГОСТ 28147–89

Рассмотрены основные требования к проектированию узлов замен (S-блоков) блочных шифров и разработанный на их основе алгоритм построения узлов замен алгоритма шифрования ГОСТ 28147–89, обеспечивающий заданный уровень устойчивости шифра к линейному и дифференциальному криптоанализу.

Ключевые слова: шифрование, таблица замен, булева функция, криптостойкость, криптоанализ, алгоритм.

Отечественный стандарт алгоритма блочного симметричного шифрования – ГОСТ 28147–89 – [1] согласно действующему в Российской Федерации законодательству является обязательным к применению при криптографической защите секретных сведений любой степени секретности и рекомендуется к применению при защите конфиденциальных сведений, не составляющих государственную тайну, в частности при защите коммерческой тайны. При этом, помимо стандартной для всех симметричных шифров ключевой информации – последовательности бит фиксированной длины, называемой ключом шифрования (для ГОСТ 28147–89 длина ключа составляет 256 бит), этот стандарт в качестве элемента ключевой информации предусматривает использование таблицы замен, представляющей собой матрицу чисел размерности 8×16, которая содержит в своих ячейках числа от 0 до 15. Строки таблицы замен называются узлами замен. Назначение этой таблицы в целом аналогично назначению S-блоков алгоритма DES и подобных ему шифров, основанных на сети Фейстеля, – это перемешивание битов данных в ходе раунда шифрования путем замены отрезков блока данных по таблице, определяющей соответствие выходного значения входному.

Таблица замен является долговременным ключевым элементом, т. е. действует в течение гораздо более длительного срока, чем ключ шифрования. Предполагается, что она является общей для всех узлов шифрования в рамках одной криптосистемы. Также известно, что даже при нарушении секретности таблицы замен (когда она становится известной криптоаналитику) стойкость шифра остается достаточно высокой и не снижается ниже определенного предела [2].

Согласно действующему российскому законодательству, используемые при шифровании секретных сведе-

ний таблицы замен предоставляются уполномоченной организацией субъекту, осуществляющему криптографическую защиту информации. При шифровании сведений, не составляющих государственной тайны, встает задача выбора ключевой информации, обеспечивающей криптографическую стойкость зашифрованных данных. Стандарт ГОСТ 28147–89 не определяет требований к выбору значений ключей и таблиц замен. И если для ключа шифрования существует ряд общепринятых критериев качества, общих для всех блочных симметричных шифров (это равная вероятность появления 0 и 1 в последовательности бит и отсутствие статистических закономерностей в ней), то для таблиц замен эти критерии требуют определенной адаптации при их применении к построению таблиц замен шифра ГОСТ 28147–89 в силу его некоторых особенностей, о которых будет сказано ниже.

В настоящее время существуют два основных, наиболее распространенных и хорошо разработанных метода криптоанализа – линейный и дифференциальный криптоанализ [3].

Линейный криптоанализ состоит в нахождении линейной зависимости выходных данных от входных, близкой по своим выходным значениям к нелинейной функции шифрования, и в определении битов ключа с использованием этой функции.

Дифференциальный криптоанализ изучает процесс изменения различий для пары открытых текстов, имеющих определенные исходные различия в нескольких битах, в процессе их прохождения через циклы шифрования с одним и тем же ключом.

Необходимо разработать алгоритм выбора таблиц замен для блочного шифра ГОСТ 28147–89, обеспечивающий устойчивость шифрования к линейному и дифференциальному методам криптоанализа. В данной статье представлены результаты текущего этапа работы по созданию такого алгоритма, на котором предполагается независимый выбор по определенным правилам 8 узлов замен, участвующих в построении таблицы замен.

Рассмотрим подробнее отдельный раунд шифрования по ГОСТ 28147–89 (рис. 1).

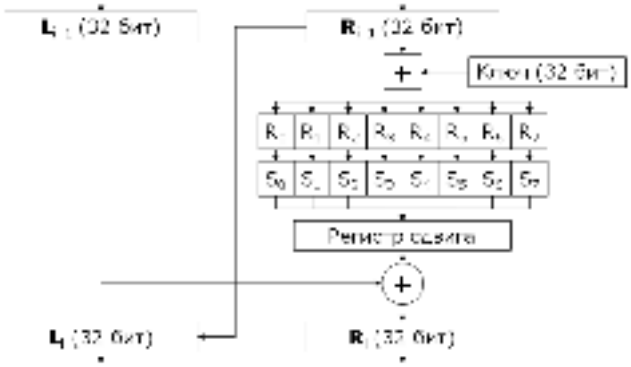


Рис. 1. Схема одного раунда блочного шифра ГОСТ 28147–89

Как и во всех шифрах, построенных на основе сети Фейстеля, на вход i-го раунда шифрования поступают два блока данных длиной 32 бит: левая и правая половины 64-битного блока L_{i-1} и R_{i-1} соответственно, получившиеся в результате выполнения предыдущего раунда. В ходе выполнения i-го раунда блок R_{i-1} сначала суммируется по модулю 2^{32} с подключом раунда (отрезком ключа длиной 32 бит). Затем результат операции суммирования разбивается на 8 отрезков длиной 4 бит $R_0, R_1, \ldots, R_7$, которые поступают на вход узлов замен $S_0, S_1, \ldots, S_7$ используемой таблицы замен (напомним, что узлами замен мы называем строки таблицы замен). Каждый такой узел определяет правило, по которому входному 4-битовому вектору сопоставляется выходной 4-битовый вектор. Результаты замен всех узлов объединяются в 32-битный блок, являющийся выходным значением таблицы замен. Затем этот блок подвергается операции побитового циклического сдвига влево (в сторону старших бит) на 11 бит. Наконец, результат сдвига побитово суммируется по модулю 2 с блоком L_{i-1} и передается на выход раунда шифрования в качестве правой половины выходного блока R_i. В качестве левой половины выходного блока L_i на выход подается значение R_{i-1}.

Рассмотрим теперь процесс замены бит при помощи таблицы замен. Каждый узел замен содержит 16 различных чисел от 0 до 15 в произвольном порядке. Выходное значение для каждого узла определяется следующим образом: входной 4-битный вектор представляется в виде числа от 0 до 15 и из строки узла замен выбирается значение с порядковым номером, равным этому числу (нумерация ведется с нуля). А поскольку элементами узла замен являются числа от 0 до 15, то выход узла в двоичном виде также будет иметь длину 4 бита.

Ключевыми требованиями к операциям преобразования бит в раунде шифрования с точки зрения криптостойкости являются нелинейность, т. е. невозможность подобрать линейную функцию, хорошо аппроксимирующую данное преобразование, и лавинный эффект, при котором изменения в одном бите входных данных должны распространяться по всем битам выходных данных, поскольку выполнение этих требований затрудняет проведение линейного и дифференциального криптоанализа шифра соответственно [4].

Если рассмотреть с этих позиций операции преобразования в раунде шифрования по ГОСТ 28147–89, то легко убедиться в том, что криптостойкость обеспечивают лишь операции сложения с ключом и выполнения замены бит по таблице, так как операции побитового сдвига и суммирования по модулю 2 являются линейными и не обладают лавинным эффектом. Из этого можно сделать вывод, что определяющим фактором надежности шифрования по ГОСТ 28147–89 является надлежащим образом выбранная ключевая информация, т. е. ключ и таблица замен. Очевидно, что в случае зашифрования данных с нулевым ключом и тривиальной таблицей замен, все узлы которой содержат числа от 0 до 15 в порядке возрастания, найти открытый текст по известному шифр-тексту достаточно просто при помощи как линейного, так и дифференциального криптоанализа.

Более того, как показано в [5], операция сложения данных с подключом не может произвести достаточного лавинного эффекта, поскольку при изменении одного бита на входе этой процедуры лишь один бит на выходе меняется с вероятностью 0,5, остальные биты меняются с существенно меньшей вероятностью. Это говорит о том, что

для поддержания криптостойкости шифрования необходимо не только обеспечить достаточное качество ключа, но и использовать сильные таблицы замен с высокими показателями нелинейности и лавинного эффекта. Это показано в работе [6], где предложен метод криптоанализа ГОСТ 28147–89, позволяющий с низкой вычислительной сложностью вскрыть шифр в случае использования слабых ключей и таблиц замен. Таким образом, задача выбора таблиц замен, устойчивых к линейному и дифференциальному криптоанализу, является одной из основных при реализации криптосистем на основе ГОСТ 28147–89.

Как было сказано выше, авторы предполагают независимое формирование узлов замен с их последующим объединением в таблицу замен. Поэтому в дальнейшем изложении будем рассматривать отдельные узлы замен с точки зрения их устойчивости к методам криптоанализа.

Общие требования к узлам замен блочных шифров (S-блокам) повторяют требования к функции шифрования в целом – это нелинейность и лавинный эффект. В идеале любые изменения входных данных узла должны приводить к случайным изменениям выходных данных (если рассматривать узел замен как черный ящик).

Существует ряд общеизвестных критериев для проектирования устойчивых к дифференциальному криптоанализу узлов замен для любых блочных шифров [7]:

– строгий критерий лавинного эффекта (Strict Avalanche Criterion, SAC) требует, чтобы для любых i и j при инвертировании входного бита i на входе узла замен выходной бит j изменялся с вероятностью 0,5;

– критерий независимости битов (Bit Independence Criterion, BIC) требует, чтобы для любых значений i, j и k при инвертировании входного бита i на входе узла замен выходные биты j и k изменялись независимо, т. е. вероятность одновременного изменения битов должна быть равна произведению вероятностей изменения отдельных бит. Считается, что одновременное выполнение критериев SAC и BIC для всех узлов замен обеспечивает шифру достаточный уровень лавинного эффекта;

– критерий гарантированного лавинного эффекта (Guaranteed Avalanche Criterion, GAC) порядка γ выполняется, если при изменении одного бита на входе узла замен на выходе меняются как минимум γ выходных битов. Выполнение критерия GAC порядка γ в диапазоне от 2 до 5 для узлов замен обеспечивает любому шифру очень высокий лавинный эффект благодаря распространению изменений в битах при прохождении данных по раундам шифрования в схеме Фейстеля.

Существуют следующие наиболее распространенные способы выбора узлов замен:

– случайный выбор, когда элементы узлов замен выбираются с помощью генератора псевдослучайных чисел. Это наиболее простой способ, однако в случае небольшого размера узлов, как в алгоритме ГОСТ 28147–89 (4×4 бит), такой способ может привести к генерации таблицы замен с нежелательными с точки зрения стойкости шифрования характеристиками нелинейности и лавинного эффекта;

– случайный выбор с последующей проверкой. В этом способе элементы узлов замен выбираются случайным образом, но после этого полученные результаты проверяются на соответствие различным критериям с отсеиванием тех узлов, которые не выдержали такой проверки. Этот способ так же прост, как и первый, и в то же время он устраняет недостаток первого способа, однако в таком случае встает вопрос о том, по каким критериям проверять выбранные случайным образом узлы, так как не существует узлов замен, удовлетворяющих всем предъявляемым к ним критериям одновременно;

– выбор вручную, когда элементы узлов замен выбираются вручную с использованием математических преобразований. Именно этот способ был положен в основу разработки алгоритма DES с его фиксированными S-блоками. Такой подход является наиболее сложным, так как требует разработки и теоретического обоснования методики выбора замен, что не всегда возможно;

– математический подход, при котором элементы узлов замен генерируются при помощи определенного алгоритма, основанного на тех или иных математических принципах. Такой способ обеспечивает выбор узлов замен, гарантирующих заданный уровень надежности по отношению к методам линейного и дифференциального криптоанализа.

Мы предлагаем использовать для генерации узлов замен шифра ГОСТ 28147–89 аппарат булевых функций. В данном случае один узел замен будет представлен в виде набора из 16 различных 4-битовых строк (рис. 2).

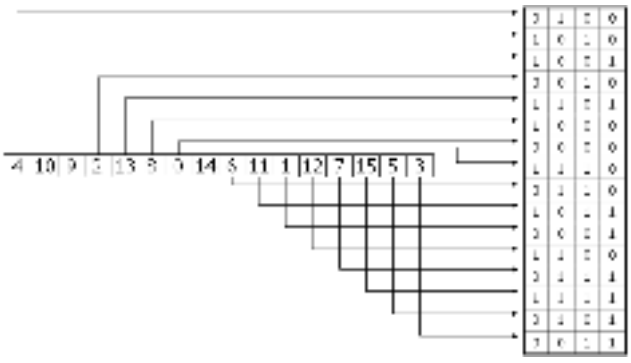


Рис. 2. Схема представления узла замен в виде битовой матрицы

В силу требования ГОСТ 28147–89 об отсутствии повторяющихся элементов в узле замен, битовая матрица узла не должна содержать повторяющихся строк. Столбцы такой битовой матрицы можно рассматривать как булевы функции от 4 переменных $f_i : \{0,1\}^4 \to \{0,1\}$, $i = 1, 2, 3, 4$. Для них можно вычислить числовые характеристики нелинейности и лавинного эффекта [4].

Так, нелинейность функции f определяется по формуле

$$\mathrm{nl}(f) = \min_{l \in A_4} wt(f \oplus l), \qquad (1)$$

где wt – функция веса Хэмминга (число различных входных комбинаций бит, для которых функция дает на выходе 1); $\oplus$ – операция побитового сложения по модулю 2; A_4 – множество аффинных булевых функций от 4 переменных (линейных функций и их побитовых инверсий).

Нелинейность всего узла замен S тогда будет представлена в виде

$$\mathrm{nl}(\mathrm{S}) = \min_{f \in C} \mathrm{nl}(f), \qquad (2)$$

где C – множество всех линейных комбинаций столбцов битовой матрицы M размерностью 16 × 4 узла замен S, $C = \left\{ Mc, c \in \{0,1\}^4 \right\}$. Вычисление произведения матрицы M на вектор c производится с использованием суммирования по модулю 2.

Таким образом, требование нелинейности узла замен можно сформулировать следующим образом: необходимо, чтобы все линейные комбинации столбцов битовой матрицы узла имели как можно большую нелинейность, определяемую формулой (1). Путем полного перебора всех булевых функций от 4 переменных было установлено, что нелинейность столбца может принимать только значения 0, 2 и 4.

Степень лавинного эффекта, обеспечиваемого узлом замен, характеризуется показателем динамического расстояния столбцов его битовой матрицы порядка j [4]:

$$\mathrm{DD}_j(f) = \max_{\substack{d \in \{0,1\}^4 \\ 1 \le \mathrm{wt}(d) \le j}} \frac{1}{2} \left| 2^{n-1} - \sum_{x=0}^{2^n-1} f(x) \oplus f(x \oplus d) \right|. \quad (3)$$

Тогда динамическое расстояние всего узла замен S порядка (i, j) определяется как

$$\mathrm{DD}_{i,j}(S) = \max_{\substack{c \in \{0,1\}^4 \\ 1 \le \mathrm{wt}(c) \le i}} \mathrm{DD}_j(Mc), \quad (4)$$

где M – битовая матрица узла замен S.

Так, критерий SAC для узла замен S выполняется тогда и только тогда, когда $\mathrm{DD}_{1,1}(\mathrm{S}) = 0$, или, что то же самое, все столбцы битовой матрицы узла замен S имеют динамическое расстояние порядка 1, равное 0, а критерий BIC выполняется, когда $\mathrm{DD}_{2,1}(\mathrm{S}) = 0$, т. е. все линейные комбинации пар столбцов битовой матрицы узла замен S имеют динамическое расстояние порядка 1, равное 0.

Таким образом, требование обеспечения лавинного эффекта для узла замен можно сформулировать следующим образом: необходимо, чтобы все линейные комбинации столбцов битовой матрицы узла имели как можно меньшее динамическое расстояние как можно более высокого порядка, определяемое формулой (3).

Дополнительной характеристикой устойчивости узла замен к дифференциальному криптоанализу, определенной в [4], является XOR-таблица размерностью 15 × 16, элементы которой вычисляются по формуле

$$\mathrm{XOR}(\mathrm{S}, \alpha, \beta) = \\ = \#\left\{ x \in \{0,1\}^4 : S(x) \oplus S(x \oplus \alpha) = \beta \right\}, \quad (5)$$

где $\alpha \in \{0,1\}^4 \setminus \{0\}$ и может быть представлено в виде числа от 1 до 15; $\beta \in \{0,1\}^4$ и (может быть представлено в виде числа от 0 до 15); $\mathrm{S}(x)$ – x-я строка битовой матрицы узла замен S; $\#X$ – мощность множества X.

XOR-значение узла замен S определяется по следующей формуле:

$$\mathrm{XOR}(\mathrm{S}) = \max_{\alpha,\beta} \mathrm{XOR}(\mathrm{S}, \alpha, \beta). \quad (6)$$

Таким образом, можно сформулировать свойства идеального узла замен ГОСТ 28147–89:

1) все линейные комбинации столбцов битовой матрицы узла имеют нелинейность 4, или, что то же самое, узел замен имеет нелинейность 4;

2) все линейные комбинации столбцов битовой матрицы узла имеют динамическое расстояние порядка 4, равное 0, или, что то же самое, узел замен имеет динамическое расстояние порядка (4, 4), равное 0;

3) все элементы XOR-таблицы узла замен равны 0 или 2, или, что то же самое, узел замен имеет XOR-значение 2.

Свойство 1 обеспечивает устойчивость шифрования к линейному криптоанализу, свойства 2 и 3 – к дифференциальному криптоанализу. В ходе исследований выяснилось, что при построении узлов замен шифра ГОСТ 28147–89 невозможно одновременно добиться максимальных показателей нелинейности и динамического расстояния даже порядка 1. Это, в частности, является следствием того, что узел замен должен быть перестановкой чисел от 0 до 15, т. е. в битовой матрице узла замен не должно быть одинаковых строк.

Авторами предложен следующий алгоритм построения узлов замен, предполагающий формирование узла замен поэтапно – по столбцам:

– *шаг 1.* Выбирается минимально допустимый уровень нелинейности $\mathrm{nl}_{\min}$ и максимальное допустимое динамическое расстояние порядка 1 $\mathrm{DD}_{\max}$ линейных комбинаций столбцов битовой матрицы узла замен;

– *шаг 2.* Из всех возможных $2^{16} = 65\,536$ булевых функций от 4 переменных методом полного перебора выбирается подмножество, удовлетворяющее выбранным на шаге 1 критериям;

– *шаг 3.* Из построенного на шаге 2 подмножества выбирается функция-«кандидат» и помещается в первый столбец битовой матрицы узла замен;

– *шаг 4.* Из построенного на шаге 2 подмножества выбирается функция-«кандидат» и помещается во второй столбец битовой матрицы, после чего сумма по модулю 2 первого и второго столбцов проверяется на соответствие критериям, выбранным на шаге 1. Если эта функция им не удовлетворяет, то функция, помещенная во второй столбец, отбрасывается и выполняется возврат к шагу 3;

– *шаг 5.* Функции-«кандидаты» выбираются из построенного на шаге 2 подмножества и помещаются в столбцы битовой матрицы, следующие за последним заполненным столбцом, после чего выполняются проверки всех линейных комбинаций заполненных столбцов с участием столбца-«кандидата» до тех пор, пока заполненными не окажутся все 4 столбца матрицы;

– *шаг 6.* Полученная в итоге битовая матрица узла замен дополнительно проверяется на соответствие GAC, а также на устойчивость к дифференциальному криптоанализу путем построения XOR-таблицы узла замен. Если эти критерии выполняются, то узел замен становится выходом алгоритма, если нет, то последний столбец битовой матрицы отбрасывается и выполняется возврат к шагу 5, т. е. процесс тестирования функций-«кандидатов» продолжается.

Данный алгоритм был программно реализован, протестирован и успешно использован для выбора подмножества таблиц замен при выбранных на шаге 1 параметрах $\mathrm{nl}_{\min} = 4$ и $\mathrm{DD}_{\max} = 0$. В результате работы алгоритма было получено множество из 1 032 192 всех возможных узлов замен ГОСТ 28147–89, имеющих нелинейность 4 и удовлетворяющих SAC, BIC и более сильному аналогу BIC для всех выходных бит (при изменении любого входного бита все выходные биты узла меняются независи-

мо). В то же время для всех узлов из этого множества XOR-значение равно 8, что является нежелательным показателем с точки зрения устойчивости к дифференциальному криптоанализу.

По всем приведенным выше критериям был также проведен анализ тестовой таблицы замен из стандарта функции хеширования ГОСТ Р 34.10–94, который показал, что в них достигается баланс между степенью удовлетворения всех трех критериев идеального узла замен.

Следующей важнейшей задачей, стоящей перед авторами, является разработка методики выбора оптимальных значений nl_{min} и DD_{max}, полученных на шаге 1, а также минимально допустимого порядка критерия GAC и максимально допустимого XOR-значения узла замен при проверке готового узла замен на шаге 6.

Еще одним направлением работы является построение интегральной оценки качества узла замен с точки зрения криптостойкости исходя из показателей нелинейности, динамического расстояния определенного порядка, элементов XOR-таблицы узла замен и минимального порядка γ, при котором узел замен удовлетворяет критерию GAC. Тогда задача выбора узла замен сведется к задаче однокритериальной оптимизации на множестве всех возможных узлов, которая может быть решена с помощью как классических методов, так и, например, генетических алгоритмов.

Другие не менее важные с нашей точки зрения направления исследований связаны с решением следующих вопросов:

– разработки методики формирования таблицы замен из отдельных узлов, позволяющей оценить влияние отдельного узла на стойкость шифрования в целом, а также описать правила, по которым из узлов с различными характеристиками нелинейности и лавинного эффекта можно сформировать таблицу замен, оптимальную с точки зрения устойчивости к линейному и дифференциальному методам криптоанализа;

– исследования взаимного влияния качества ключа и таблицы замен на криптостойкость. В настоящее время практикуется независимый выбор ключа и таблицы замен. Однако возможно, что выбор ключа влияет на силу таблицы замен с точки зрения криптостойкости, и наоборот, что могут существовать ключи, сильные при одних выбранных узлах замен и слабые при других. Открытые материалы публикаций по этому вопросу авторам неизвестны;

– практического исследования криптостойкости алгоритма ГОСТ 28147–89 путем реализации атак методом линейного и дифференциального криптоанализа на упрощенную версию шифра, например с меньшим числом раундов или меньшей длиной блока и (или) ключа. В таком случае, возможно, удастся получить оценки вычислительной сложности вскрытия упрощенного шифра обоими методами криптоанализа, а затем экстраполировать их на полноценный ГОСТ 28147–89, исходя из предположения, что более высокая вычислительная сложность вскрытия упрощенного шифра влечет за собой пропорциональное увеличение сложности вскрытия полного алгоритма.

Таким образом, авторами разработан и программно реализован алгоритм построения узлов замен блочного шифра ГОСТ 28147–89, который применяется для выработки таблиц замен при шифровании несекретной информации ограниченного доступа. Этот алгоритм может быть применен при проектировании и реализации криптографических систем защиты несекретной информации ограниченного доступа, передаваемой по открытым каналам.

Библиографический список

1. ГОСТ 28147–89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. М. : Изд-во стандартов, 1996.

2. 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.

3. Бабенко, Л. К. Современные алгоритмы блочного шифрования и методы их анализа : учеб. пособие / Л. К. Бабенко, Е. А. Ищукова. М. : Гелиос АРВ, 2006.

4. Mister, S. Practical S-box design / S. Mister, C. Adams // Proc. Workshop in selected areas of cryptography (SAC'96). Philadelphia, PA, 1996. P. 61–76.

5. Further comments on the soviet encryption algorithm / C. Charnes, L. O'Connor, J. Pieprzyk et al. ; University of Wollongong. Wollongong, 1994.

6. О стойкости ГОСТ 28147-89 / А. Г. Ростовцев, Е. Б. Маховенко, А. С. Филиппов, А. А. Чечулин ; С.-Петерб. гос. политехн. ун-т, 2001.

7. Столлингс, В. Криптография и защита сетей: принципы и практика / В. Столлингс. М. : Вильямс, 2001.

T. A. Chalkin, K. M. Voloshchuk

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF NODES CONSTRUCTION CHANGE FOR GOST 28147–89 ENCRYPTION ALGORITHM

The basic requirements for block ciphers nodes (S-boxes) design change are considered. The algorithm of change nodes construction for GOST 28147–89 encryption algorithm on the basis of these requirements providing necessary level of cipher resistance to linear and differential cryptanalysis is developed.

Keywords: encryption, change table, Boolean function, cryptographic security, cryptanalysis, algorithm.

УДК 681.32

К. В. Колесов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДИАКОПТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассмотрена возможность применения метода диакоптики для исследования надежности алгоритмов программного обеспечения различных вычислительных и управляющих систем. Этот метод чрезвычайно актуален в настоящее время в связи с резким увеличением сложности структур алгоритмов и финансовых затрат на разработку программного обеспечения.

Ключевые слова: надежность, диакоптика, тензорный анализ, программное обеспечение.

Достаточно часто в качестве анализируемой выступает сложная система, состоящая из большого количества элементов, и анализ таких систем является непростой задачей. Практически все современные программы насчитывают сотни и даже тысячи отдельных функциональных модулей, каждый из которых является не менее сложной подсистемой. Таким образом, необходимы методы, которые бы позволили инженеру выполнять анализ системы по отдельным частям с возможностью объединения полученных результатов в одно аналитическое выражение, характеризующее всю систему. Тензорный метод, который дает возможность подобного преобразования с помощью специальных матриц, получил название метода диакоптики [1].

В случае анализа программы с использованием метода диакоптики применяются те же этапы анализа, что и при анализе обычной системы, но при этом появляется еще одна дополнительная особенность. Она заключается в том, что после получения аналитических соотношений всех подсистем необходимо сначала найти решения для всех данных уравнений и лишь затем все исходные подсистемы соединить в целую исходную систему.

Кроме того, если в состав системы уравнений, описывающих первоначальную систему, входило N отдельных уравнений с N неизвестными, то при разбиении системы на n отдельных подсистем для описания связей между ними вводятся k неизвестных. Поэтому необходимо найти $(N + k)$ переменных в $(n + 1)$ независимых группах, а не просто решить систему из N уравнений с N переменными. Впрочем, такое усложнение дает значительное уменьшение габаритов исходных анализируемых подсистем.

Введение новых переменных требует построения и расчета отдельной цепи пересечений, в которой, как в определенном подпространстве, пересекаются друг с другом n подпространств. Вся эта цепь пересечений представляет собой некоторую миниатюрную копию исходной системы с намного меньшим числом переменных.

Однако с учетом роста производительности современных ЭВМ разбиение исходной системы на ряд подсистем может показаться неэффективным в связи с тем, что объем оперативной памяти современных машин исчисляется гигабайтами и анализ всей системы возможен сразу целиком. Этот анализ осуществляется достаточно просто, за исключением расчета обратных матриц. Объем вычислений для этой операции действительно велик и усложняется по нелинейному закону [2]. Поэтому целесообразно разбить исходную систему на ряд подсистем и рассчитать их раздельно, поскольку матрицы малых порядков намного проще преобразовать, и затем объединить результаты вычислений для получения аналитического описания всей системы.

В случае расчленения исходной системы на ряд подсистем может возникнуть предположение о том, что нужно не расчленять модель на ее графическом изображении, а просто определенным способом поделить матрицы. Однако это не соответствует действительности, так как разделение системы на подсистемы на рисунке сопровождается появлением новых, неизвестных сил связи, а деление матриц не приводит к появлению новых переменных, хотя возможность реализации этого на уровне матриц и существует, но на модели в виде изображения сделать это намного удобнее [3–5].

Из всех моделей наиболее приемлемы топологические модели, в которых каждая отдельная ветвь может быть индуктивностью, оператором, блок-схемой или другим элементом; и все элементы связаны между собой с помощью графа. А самой подходящий для представления и описания анализируемых величин является электротехническая терминология.

Описанный выше метод расчленения может быть использован несколькими способами:

– можно выделить один, два или более особо важных параметра в каждой из подсистем и произвести анализ всей системы с учетом именно этих параметров;

– можно найти собственные значения и собственные векторы каждой из подсистем и затем определить собственные значения и собственные векторы целой системы с меньшим объемом вычислений;

– можно оптимизировать некоторые характеристики или функции отдельных подсистем. Это позволяет затратить намного меньше времени на оптимизацию всей системы по сравнению с оптимизацией всей системы целиком.

Идея метода расчленения может быть использована для решения практически любых задач с большим числом переменных. При этом следует заметить, что результаты расчета каждой отдельной подсистемы, как правило, не являются целью данного метода, а используются как исходные данные для следующего шага – получения системы уравнений, описывающей поведение всей системы целиком. Расчет всех n подсистем завершается расчетом $(n + 1)$-й системы, которая является конденсированным вариантом полной системы. Кроме того, для метода расчленения характерно то, что любая проблема, которую приходилось решать при анализе исходной сис-

темы, встретится и при анализе цепи пересечений, но решить ее в данном случае будет нетрудно с помощью более простых и быстрых аналитических методов.

Положительным моментом также является а то, что метод расчленений дает тот же самый результат, что и расчет всей системы целиком, но получить этот результат можно намного быстрее и проще. При этом если метод анализа отдельных подсистем будет достаточно точным, то и конечный результат будет таким же; если же методы будут приближенными, то и результат будет приближенным.

В тензорном методе [6] используется понятие элементарной ячейки – настолько малой части исходной системы, уравнения состояния которой устанавливаются сразу без дополнительных шагов анализа. Модель такой элементарной ячейки не может быть расчленена на более мелкие части. Для описания этой модели используется система n уравнений с n неизвестными [6; 7].

Все рассмотренные выше матрицы преобразования были неквадратными, а следовательно, не имели обратных матриц. Однако основная идея метода расчленения состоит в одновременном выполнении ряда преобразований с помощью матриц C и A и обратных им преобразований, причем только одно из этих преобразований будет либо расчленением, либо соединением. В тензорном анализе обычно используют такие матрицы преобразования, которые имеют обратные матрицы. Отсюда следует, что для реализации метода расчленения желательно использовать именно неособенные матрицы соединений. Однако для того чтобы перейти от неособенных и неквадратных матриц к квадратным, необходим иной подход. Именно такой подход реализуется в методе, названным диакоптикой.

Основная суть метода диакоптики состоит в следующем [7]:

Пусть имеется N элементарных ячеек, каждая из которых описывается отдельной матрицей параметров, причем каждая такая ячейка представляет собой черный ящик с некоторым числом полюсов (входов и выходов) и в дальнейшем не может быть разделена на части. Эти ячейки соединяются определенным образом и дают всевозможные сети, которые могут насчитывать произвольное число контуров, пар узлов и подсистем. Инвариантной величиной в данном случае остается лишь число реальных ячеек.

Если имеется система уравнений состояния, описывающая поведение системы для отдельно взятого случая, то тогда задача метода диакоптики состоит в получении уравнений состояния или решения для любой другой из указанных структур по уже известным уравнениям с помощью неособенной матрицы преобразования.

С практической точки зрения метод диакоптики сводится к следующему: в случае анализа сложной системы вместо нее можно рассчитать другую систему, которая затем может быть переведена в исходную систему с помощью уже упомянутых выше преобразований, причем анализ этой системы будет намного проще, чем исследование исходной системы. Иными словами, сначала нужно рассчитать ту систему, анализ которой не представляет особой трудности. Такой системой является группа несвязанных подсистем. Каждая подсистема в данном случае рассчитывается независимо от других, а затем все полученные $(n + 1)$ системы преобразуются с помощью матрицы C в решение исходной системы уравнений.

Обычно получают решения не для ортогональных, а для контурных или узловых цепей. Но и в этом случае возможен как переход к ортогональным цепям, так и обратный переход с введением дополнительных цепей.

Следует отметить, что переменные всех структур взаимосвязаны друг с другом. Для примера приведем связь переменных двух структур: A (рис. 1) и B (рис. 2). Для этого необходимо найти матрицу преобразований. Одна из рассматриваемых цепей содержит три контура, вторая – два контура. Поскольку при выборе контуров каждый из выбранных параметров должен циркулировать в замкнутом контуре, то для реализации этого процесса будут использоваться виртуальные блоки. Контуры выбираются произвольным образом.

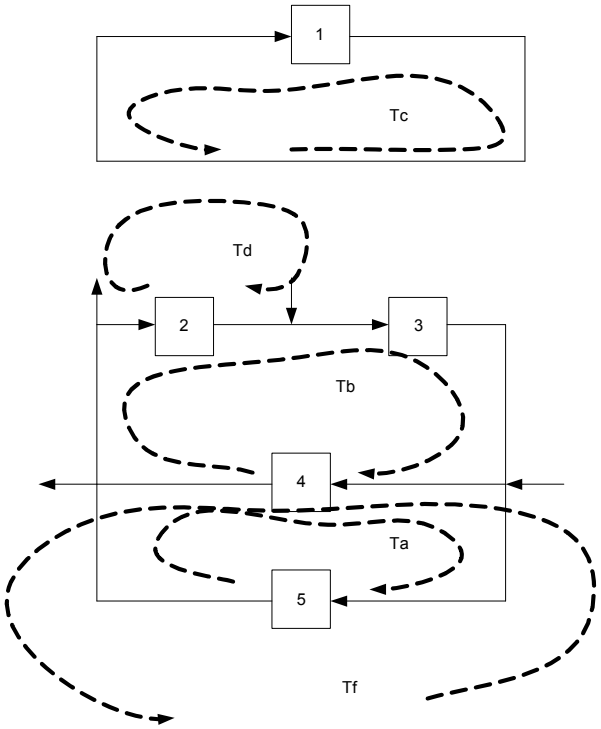


Рис. 1. Цепь A

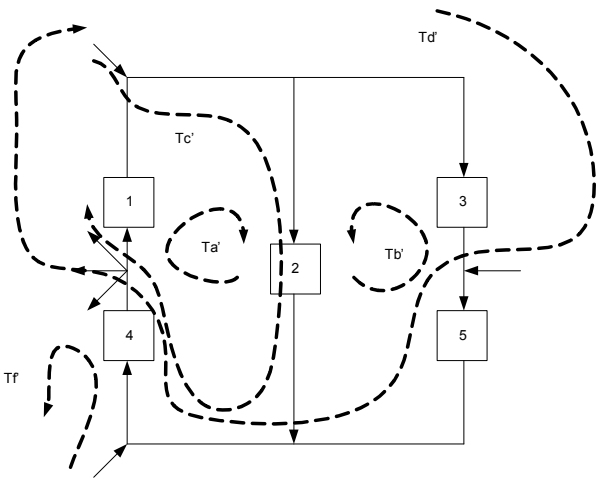


Рис. 2. Цепь B

После выбора контуров приравняем потоки, протекающие через одни и те же блоки. В итоге получится следующая система уравнений [8]:

$$Ta - Tb - Td - Tf = Ta',$$

$$Tc = Ta' + Tc' + Td' + Tf',$$

$$Tb + Td = -Tb',$$

$$-Tb = Ta' + Tb' + Tc'.$$

Все эти уравнения можно получить путем преобразования токов соответствующей примитивной сети элементов, следовательно для сетей A и B примитивная сеть будет одинакова. Тогда

$$T^d = C_A^E T^A,$$

$$T^d = C_B^E T^B.$$

Для перехода от переменных примитивной сети к переменным сетей A и B следует приравнять оба полученных значения T^d.

Запишем эти равенства в матричной форме:

$$C_A^E T^A = C_B^E T^B.$$

Теперь попробуем разделить обе матрицы на две части, одна из которых будет определять контуры, а вторая – пары узлов:

$$C_A^E = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_A^{E1} & C_A^{E2} \end{bmatrix},$$

$$C_B^E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_B^{E1} & C_B^{E2} \end{bmatrix}.$$

Ранее нами было получено соотношение, из которого следует, что

$$T^A = (C_A^E)^{-1} T^E = (C_A^E)^{-1} C_B^E T^B = C_E^A C_B^E T^B.$$

В то же время известно соотношение, которое позволяет перейти от одной сети к другой:

$$T^A = C_E^A C_B^E T^B = C_B^A T^B.$$

Отсюда следует, что искомая матрица преобразования координат между двумя данными сетями определяется перемножением матриц:

$$C_B^A = (C_A^E)^{-1} C_B^E = C_E^A C_B^E.$$

Таким образом, матрица перехода между сетями имеет вид

$$C_E^A = (C_A^E)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_A^{E3} \\ C_A^{E4} \end{bmatrix}.$$

Произведя перемножение матриц C_E^A и C_B^E, получим искомую матрицу перехода:

$$C_B^A = C_E^A \times C_B^E = (C_A^E)^{-1} \times C_B^E =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_B^{A1} & C_B^{A2} \\ C_B^{A3} & C_B^{A4} \end{bmatrix}.$$

В заключение найдем матрицу обратного перехода [9]:

$$C_A^B = (C_B^A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_B^{A1} & C_B^{A2} \\ C_B^{A3} & C_B^{A4} \end{bmatrix}.$$

Итак, отметим, что метод диакоптики и тензорный анализ с использованием перехода от примитивного алгоритма к исходному основаны на едином аппарате тензорного преобразования координат между различными проекциями.

Помимо преимущества, связанного с сокращением размерности матриц, а следовательно, размерности решаемой системы уравнений, у метода диакоптики есть и другое, более ценное преимущество: решение для отдельных подсистем может быть получено и другими методами анализа – точными или приближенными [1–7]. В этом случае остается воспользоваться матрицей связности для получения решения всей системы. Кроме того, появляется возможность децентрализации процесса получения решения.

Возможна и другая ситуация, когда необходимо получить результаты для случая объединения нескольких программных модулей между собой. Структура и характеристики каждого из модулей и способ их соединения заданы, а характеристики всего алгоритма необходимо найти. И, наконец, каждый из элементов алгоритма в свою очередь может представлять собой не конечный элемент, а отдельный алгоритм.

Особенностью метода диакоптики является сочетание двух качественно различных методов анализа: методов, опирающихся в своих вычислениях преимущественно на аналитические решения систем уравнений без учета топологии системы, и методов, делающих основной упор на граф-схемы системы. И именно в методе диакоптики была впервые предпринята попытка объединения этих методов.

Библиографический список

1. Липаев, В. В. Надежность программного обеспечения АСУ / В. В. Липаев. М. : Энергоиздат, 1981.

2. Майерс, Г. Надежность программного обеспечения / Г. Майерс. М. : Мир, 1980.

3. Смагин, В. А. Моделирование и обеспечение надежности программных средств АСУ / В. А. Смагин, В. С. Солдатенко, В. В. Кузнецов ; Высш. инж. команд. уч-ще им. А. Ф. Можайского. СПб., 1999.

4. Липаев, В. В. Тестирование программ / В. В. Липаев. М. : Радио и связь, 1986.

5. Липаев, В. В. Качество программного обеспечения / В. В. Липаев. М. : Финансы и статистика, 1983.

6. Крон, Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон. М. : Сов. радио, 1978.

7. Крон, Г. Исследование сложных систем по частям. Диакоптика / Г. Крон. М. : Наука, 1972.

8. Веревкина, Е. В. Тензорная методология исследования нагрузки в информационных сетях : монография / Е. В. Веревкина, О. А. Корякина, М. Н. Петров ; под ред. проф. М. Н. Петрова ; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2004.

9. Петров, М. Н. Тензорная методология в информационных сетях : монография / М. Н. Петров, Е. В. Веревкина, М. О. Захарченко ; под ред. проф. М. Н. Петрова; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2001.

K. V. Kolesov

DIACOPTICS METHOD APPLICATION FOR SOFTWARE RELIABILITY ANALYSIS

The opportunity of the diacoptics method application for the algorithms reliability of the various software and managing systems research is considered. The value of this method is extremely actual now in connection with a sharp increase in complexity of algorithms structures and considerable financial expenses for the software development.

Key words: reliability, diacoptics, tensor analysis, software.

УДК 681.3

М. В. Карасева, П. В. Зеленков

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ТЕЗАУРУСОВ

Предложен модуль поиска, ранжирования и определения уровня релевантности документов путем использования метапоисковых мультилингвистических алгоритмов обработки информации и управления.

Ключевые слова: ранжирование, уровень релевантности, метапоиск.

В настоящее время разработано множество моделей и алгоритмов для представления информации в распределенных информационных системах. Частным случаем подобных систем являются информационно-управляющие системы, корпоративные информационные системы и интенсивно развивающиеся системы поддержки принятия решения. Однако большинство моделей распределенных систем строятся на основе одноязычного представления информации или учитывают многоязычность неявно [1].

Сейчас активно ведутся работы по созданию новых алгоритмов поиска, ранжирования и определения релевантности информации как в глобальной сети Интернет, так и во всевозможных локальных информационно-управляющих системах. Одним из перспективных направлений при разработке новых моделей и алгоритмов обработки информации является применение предметных словарей, или тезаурусов. Тезаурус – это максимально полный объем лексики, организованной по тематическому (семантическому) принципу с отражением определенного набора базовых семантических отношений, являющихся полным систематизированным набором данных о какой-либо области знаний, который позволяет человеку или вычислительной машине в ней ориентироваться. Необходимо отметить, что в современных системах подобные словари-тезаурусы очень редко встречаются представленными в мультилингвистической частотной реализации. Авторами статьи в рамках предлагаемых ими моделей применяются тезаурусы, выполненные на основе мультилингвистической технологии для проведения поисковой процедуры в информационных системах.

Данный подход направлен в первую очередь на решение проблемы многоязычного представления информации в информационно-управляющих системах. В современных условиях даже небольшие корпоративные информационные системы работают в мультилингвистическом режиме. Нередко управленческому персоналу в процессе подготовки и принятия решения требуется своевременное предоставление документов, принадлежащих различным языковым множествам. Значительно возрастают требования к оперативности и качеству функционирования систем поиска мультилингвистической информации, используемых лицом, принимающим решение, в различных ситуациях.

В рамках предлагаемого авторами модуля основная работа по процессу поиска, ранжирования и определению уровня релевантности производится путем использования метапоисковых мультилингвистических алгоритмов обработки информации и управления [2]. Для этого сначала следует определить параметры процесса поиска. К ним относятся функции выбора предметной области и настройки языковых множеств, в рамках которых необходимо производить поиск.

Кроме того, необходимо отдельно показать возможность работы со строкой поиска информации как в Интернете, так и в корпоративной сети. Согласно предлагаемому авторами подходу, работа с поисковой строкой может проводиться в двух режимах:

– режиме ручного ввода строки поиска;

– режиме автоматизированного формирования строки поиска.

При вводе строки поиска в ручном режиме система проверяет наличие введенных термов в частотном мультилингвистическом тезаурусе. В случае отсутствия терма в словаре пользователю предлагается ввести поисковую строку с изменением термов в строке поиска.

Процесс формирования запроса по заданной предметной области при вводе строки поиска в автоматическом режиме [3], рассмотрим более подробно. Модуль поиска информации основан на применении частотных мультилигнвистических тезаурусов, которые повышают качество определения релевантности документов по запросам. Эти тезаурусы позволяют выделить направленность документа, вплоть до нахождения предметной области, к которой принадлежит документ. Качество определения уровня релевантности в предлагаемом решении соответствует уровню релевантности в каталожных системах ручной индексации [1]. Исходя из частотных характеристик терминов можно по заданному алгоритму сформировать поисковую строку, корректируемую пользователем или дополняемую им при необходимости.

Следует отметить, что в современных корпоративных информационных систем может храниться и мультилингвистическая информация. Однако пользователь поискового модуля не может знать всех языков, представленных в сети. Поэтому нужно учитывать конкретность указания языковых множеств, необходимых пользователю.

После завершения процесса формирования поисковой строки и указания языков, в которых будет проходить поиск информации, необходимо приступать непосредственно к процедуре поиска [3]. В результате происходит последовательный опрос всех информационных корпоративных ресурсов и формируется массив ссылок на интересующие пользователя документы, а также проводится разбиение всего множества ссылок по принципу принадлежности к языковому множеству.

Кроме того, пользователь может увидеть следующую дополнительную информацию, которая учитывается при ранжировании документов и определении уровня релевантности каждого найденного документа:

– заголовок документа;

– объем документа;

– количество найденных термов в документе.

Это является первым шагом обработки процедуры поиска.

На втором шаге происходит определение уровня релевантности и ранжирование мультилингвистического массива ссылок. Здесь пользователю предоставляется дополнительная информация уже другого рода:

– об уровне релевантности найденного документа;

– общем весе релевантных термов в документе.

Третий шаг – это непосредственный просмотр найденных документов. На данном шаге можно не только просмотреть документ, но и получить о нем расширенную информацию, представленную, например, в виде таблицы, составленной при завершении процесса обработки англоязычного документа:

Термин	Частота	Вес терма в документе	Вес терма в тезаурусе
…	…	…	…
activity	8	0,002	0,000 008 17
process	3	0,000 9	0,000 010 8
search	1	0,000 01	0,000 001 76
…	…	…	…

Эти характеристики важны при расчете уровня релевантности и ранжирования найденных документов [2]. Рассмотрим структуру данной таблицы:

– термин – список терминов, которые встретились в тезаурусе и документе;

– частота показывает, сколько раз данный термин встретился в документе;

– вес терма в документе рассчитывается относительно частоты терма и общего количества термов в документе;

– вес терма в тезаурусе рассчитывается как отношение частотной характеристики терма в словаре к общей суммарной частотной характеристике всех термов словаря.

Предлагаемый авторами модуль поиска и обработки информации в корпоративных системах поддержки принятия решений полностью удовлетворяет требованиям к системам подобного уровня и позволяет решить проблему организации, хранения и обработки информации в современных распределенных мультилингвистических корпоративных системах поддержки принятия решений.

Реализация метапоисковых принципов способствует охвату индексов самых популярных поисковых веб-служб, при этом сокращается объем нерелевантных ссылок в результатах поиска, существенно повышается качество обработки запросов пользователя и уменьшается объем трафика при формировании собственной базы релевантных документов.

Кроме того, представленные мультилингвистические модели позволяют составить более гибкие мультилингвистические ответы даже на одноязычные запросы по сравнению с простой распределенно-информационной системой, с учетом неопределенности описания как мультилингвистических документов, так и запросов.

Библиографический список

1. Зеленков, П. В. Мультилингвистическая модель распределенной системы на основе тезауруса / П. В. Зеленков, И. В. Ковалев, М. В. Карасева, С. В. Рогов // Вестник СибГАУ. 2008. № 1 (18). С. 26–27.

2. Метапоисковая мультилингвистическая система поиска узкоспециализированной информации / И. Н. Карцан, П. В. Зеленков, Д. А. Рагзин и др. М., 2007. Зарег. во Всерос. научн.-техн. информ. центре, № 50200701673, рег. № ОФАП 8891.

3. Зеленков, П. В. Проблема развития метапоисковых технологий / П. В. Зеленков, Т. А. Ковалева // Вестник НИИ СУВПТ : сб. науч. тр.: НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Вып. 14. Красноярск, 2004. С. 95–103.

M. V. Karaseva, P. V. Zelenkov

REALIZATION OF THE DATA SEARCH MODULE ON THE BASES OF MULTILINGUAL THESAURUSES

The model of searching, ranking and relevance level of documents determination is introduced. It is done with the help of meta-search multilingual algorithms of data processing and control.

Keywords: ranking, relevance level, meta-search.

УДК 004.052.3

П. В. Ковалев, А. Н. Лайков, С. Н. Гриценко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МУЛЬТИВЕРСИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СЕТЕЙ

Предложена методика определения надежности мультиверсионного программного обеспечения, которая позволяет использовать алгоритмы и методы анализа сетей для определения надежности программного обеспечения, разработанного с использованием мультиверсионного подхода.

Ключевые слова: надежность, мультиверсионность, сети, методы оценки, методы анализа сетей.

На заре компьютерной эры первостепенной задачей являлось развитие аппаратных компьютерных средств. В первую очередь это было обусловлено высокой стоимостью обработки и хранения данных. Однако впоследствии успехи микроэлектроники привели к резкому увеличению производительности компьютеров при значительном снижении их стоимости. поэтому основной задачей в 1990-х гг. и начале XXI в. стало совершенствование качества компьютерных приложений, возможности которых целиком определяются программным обеспечением (ПО).

Современный персональный компьютер теперь имеет производительность большой ЭВМ 1980-х гг. Сняты практически все аппаратные ограничения на решение задач, а оставшиеся ограничения приходятся на долю ПО.

Чрезвычайную актуальность приобрели следующие проблемы:

– аппаратная сложность опережает умение строить ПО, использующее потенциальные возможности аппаратуры;

– умение строить новые программы отстает от требований к новым программам;

– реализации возможностей по эксплуатации существующих программ угрожает низкое качество их разработки.

Ключом к решению этих проблем является грамотная организация процесса создания ПО и реализация технологических принципов промышленного конструирования программных систем (ПС) [1]. Кроме того, существует ряд способов повышения надежности программного обеспечения, одним из которых является введение избыточности.

Избыточность как метод повышения надежности ПО. За последние несколько лет тема мультиверсионного программного обеспечения не раз затрагивалась в различных диссертационных работах, например в [2]. Согласно этой работе, сбой программных систем может повлечь за собой большие потери и иметь весьма серьезные последствия. Поскольку абсолютная уверенность в безупречности программных средств достигается редко, то для выполнения требований к надежности проекта применяются методы повышения отказоустойчивости программного обеспечения. Программная отказоустойчивость достигается благодаря использованию алгоритмов программирования и методов разработки ПО, которые повышают вероятности того, что конечная реализация проекта приведет к правильному и (или) безопасному результату. Так как правильность и безопасность – концепции системного уровня, то потребность и степень использования программной отказоустойчивости непосредственно зависит от предназначения приложения и полного проектирования систем [2].

Избыточность, применяемая для обеспечения надежности функционирования комплекса программ (КП), используется прежде всего для контроля и селекции искажений вычислительного процесса или данных и для выработки мер по снижению последствий этих аномалий. Основная задача состоит в ограничении или исключении возможности аварийных последствий, соответствующих отказу системы в процессе функционирования.

Под временной избыточностью понимается использование некоторой части производительности ЭВМ для контроля исполнения программ и восстановления вычислительного процесса. Для этого при проектировании программ должен предусматриваться запас производительности, который затем будет применяться для контроля и повышения надежности функционирования ПО. Диагностика искажений и операций восстановления в общем случае требует небольшого интервала времени, который выделяется либо за счет резерва, либо за счет сокращения времени решения функциональных задач.

Информационная избыточность состоит в дублировании накопленных исходных и промежуточных данных, обрабатываемых КП. Эта избыточность используется для сохранения достоверности данных, которые в наибольшей степени влияют на нормальное функционирование программ или требуют значительного времени для восстановления. Информационная избыточность может способствовать не только обнаружению искажений данных, но и устранению ошибок. Для этого данные защищают двух- или трехкратным дублированием с соответствующей дисциплиной контроля сохранности и периодическим обновлением.

Программная избыточность служит для контроля и обеспечения достоверности наиболее важных результатов обработки информации. Она заключается в применении в КП нескольких вариантов программ, различающихся методами решения некоторой задачи или программной реализацией одного и того же метода. Программная избыточность также необходима для реализации программ контроля и оперативного восстановления данных с использованием информационной избыточности и для функционирования всех средств защиты, использующих временную избыточность [3].

Одним из наиболее перспективных методов программной избыточности является метод мультиверсионного проектирования.

Применение методологии мультиверсий для обеспечения отказоустойчивости программного обеспечения. Мультиверсионная отказоустойчивость основана на использовании двух или более версий, или вариантов, модуля программного обеспечения, исполняемых последовательно или параллельно. Версии используются как альтернативы (с отдельными средствами обнаружения ошибок), в парах (чтобы осуществить обнаружение проверками дублирования) или в больших группах (чтобы маскировать ошибки через голосование). Использование множественных версий обосновывается предположением о том, что по-разному построенные компоненты, т. е. компоненты, построенные различными проектировщиками, различными алгоритмами, различными инструментальными средствами проектирования и т. д., должны иметь разные ошибки [4]. Поэтому если одна версия производит сбой на специфическом вводе, то по крайней мере одна из альтернативных версий должна обеспечить корректный вывод. Рассмотрим далее краткие описания некоторых из этих методов, применяемых для повышения надежности и безопасности программного обеспечения.

Блоки восстановления. Методика блоков восстановления [5; 6] объединяет основные идеи метода контрольных точек и рестарта для мультиверсионных компонентов программного обеспечения таким образом, что различные версии используются только после того, как обнаруживается ошибка (рис. 1).

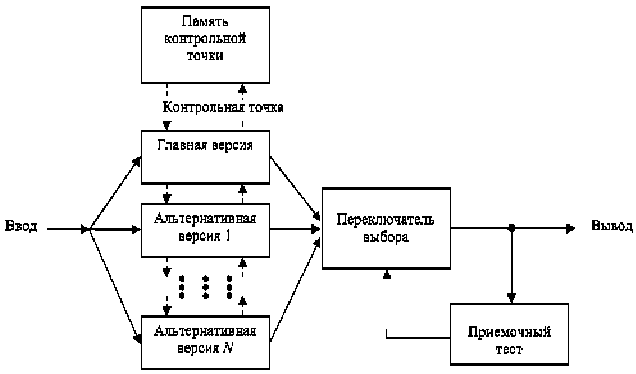


Рис. 1. Модель блока восстановления

Контрольные точки определяются перед исполнением версий. Эти точки необходимы, чтобы восстановить состояние после того, как версия произведет сбой и не сможет обеспечить корректную начальную точку для следующего компонента.

Приемочный тест не должен быть только выходным тестом и может осуществляться различными встроенными проверками, чтобы увеличить эффективность обнаружения ошибок. Что касается альтернативных версий, то они могут быть разработаны с более низкой производительностью и качеством, например за счет вычисления значений с меньшей точностью, из-за того, что первичная версия будет выполняться успешно в большинстве случаев. Подобно методу разнообразия данных, вывод альтернативных версий может быть разработан таким образом, чтобы быть эквивалентным первичному с определением эквивалентности, зависящей от приложения.

Фактическое выполнение множественных версий может быть последовательным или параллельным в зависимости от вычислительных мощностей и требований производительности. Если все альтернативы выдали сбой, то компонент должен инициировать исключение, чтобы сообщить остальной части системы об отказе завершения его функции. Следует отметить, что такое возникновение отказа не подразумевает постоянного отказа компонента и он может быть повторно использован после изменения его состояния или ввода. Возможность совпадения отказов является источником серьезных дискуссий относительно всей технологии отказоустойчивого мультиверсионного программного обеспечения.

***N*-версионное программирование.** *N*-версионное программирование [7] – это мультиверсионная методика, в которой все версии разработаны в соответствии с идентичными основными требованиями, а решение о правильности вывода основано на сравнении всех выводов (рис. 2).

Использование универсального алгоритма выбора решения (обычно голосования) для выбора правильного вывода составляет фундаментальное отличие этого подхода от подхода с блоком восстановления, который требует зависимого от приложения приемочного теста. Так как все версии построены в соответствии с идентичными

требованиями, то применение *N*-версионного программирования требует значительно больших затрат при разработке, но эта сложность, т. е. трудность разработки, не обязательно будет намного больше, чем сложность формирования одной версии. Проектирование выбирающего алгоритма может быть усложнено необходимостью реализовать алгоритм неточного голосования. Многие исследования направлены на разработку методологий, которые увеличивают вероятность достижения эффективного разнообразия в конечном продукте.

Фактическое выполнение версий может быть последовательным или параллельным. Последовательное выполнение может потребовать использования контрольных точек, чтобы перезагрузить состояние перед выполнением дополнительной версии.

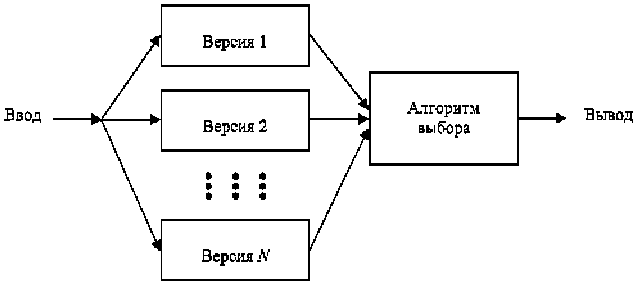


Рис. 2. Модель *N*-версионного программирования

Блоки восстановления с согласованием. Блоки восстановления с согласованием [8] – это подход, комбинирующий *N*-версионное программирование и метод блоков восстановления для повышения надежности по сравнению с использованием только одного из подходов. Согласно [8], приемочные тесты в блоках восстановления страдают из-за недостатка руководящих принципов для их разработки и общей склонности к ошибкам проектирования из-за трудности создания эффективных тестов.

Использование голосования, как в *N*-версионном программировании, не может быть применено во всех ситуациях, особенно когда возможны правильные множественные выводы. В этом случае голосование объявило бы об отказе при выборе соответствующего вывода. Блоки восстановления с согласованием используют алгоритм выбора решения, подобный *N*-версионному программированию, как первый уровень решения. Если этот уровень объявляет отказ, то используется второй уровень приемочного испытания, аналогичный тому, который был использован в методе блоков восстановления. Реализация этого подхода является гораздо более сложной, чем реализация любого индивидуального метода, однако сравнение модели надежности показывает, что этот комбинированный подход имеет высокий потенциал для создания более надежного программного обеспечения [8]. Использование слова *потенциал* здесь важно потому, что добавленная сложность могла бы фактически работать против проекта и приводить к менее надежной системе.

Существуют и другие методы построения мультиверсионного ПО, в том числе основанные на модификации тех методов, которые были описаны выше. Рассмотрим далее возможность применения методов анализа сетей для анализа надежности мультиверсионного ПО.

Использование методов анализа сетей для определения надежности мультиверсионного ПО. Прежде всего необходимо отметить, что методы анализа сетей уже были успешно использованы Д. М. Письманом для исследования характеристик работы узлов распределенных систем обработки информации [9]. Одной из ключевых особенностей описываемых им GERT-сетей является возможность их использования в случаях, когда применение методов, основанных на статических или детерминированных моделях систем или программ, невозможно [9].

Современное общество отчасти можно рассматривать как систему сетей, предназначенных для транспортирования, передачи и распределения электроэнергии, товаров и информации. Поскольку каждая из подсистем этой системы имеет весьма сложную структуру и является дорогостоящей, то возникает необходимость в эффективном использовании уже существующих технических средств и в рациональном проектировании новых.

При разработке и совершенствовании больших и сложных систем, а также при поиске путей их наиболее рационального использования существенное значение приобретают методы сетевого анализа. В первую очередь это связано с тем, что с помощью сетей можно довольно просто построить модель системы. Кроме того, методы сетевого анализа позволяют построить модель сложной системы как совокупности простых систем; составить формальные процедуры для определения качественных характеристик системы; указать механизм взаимодействия компонентов управляющей системы для описания последней в терминах ее основных характеристик; определить, какие данные необходимы для исследования системы; провести начальные исследования управляющей системы и составить предварительное расписание работы ее компонентов.

Основное достоинство сетевого подхода заключается в том, что он может быть успешно применен к решению практически любой задачи, если исследователь обладает необходимыми знаниями и способностью точно построить сетевую модель. Преимущества использования сетевых моделей можно сформулировать следующим образом:

– сетевые модели могут точно описать многие реально существующие системы;

– сетевые модели являются несложными для пользователей, не имеющих специального математического образования и связанных, как правило, с решением конкретных прикладных задач;

– сетевые алгоритмы позволяют находить наиболее эффективные решения при изучении некоторых больших систем;

– по сравнению с другими методами оптимизации сетевые алгоритмы позволяют решать задачи со значительно большим числом переменных и ограничений. Это становится возможным благодаря тому, что при использовании методов сетевого анализа часто удается ограничиться изучением лишь части рассматриваемой системы [10].

Любой комплекс программ является сложной системой, а значит обладает всеми свойствами сложных сис-

тем, включая возможность расчленения на группы наиболее тесно взаимодействующих элементов – подсистемы, имеющие свое специальное назначение и цель функционирования [3]. Это в свою очередь означает, что любой комплекс программ может быть представлен в виде сети, а следовательно, для его расчета применимы методы анализа сетей.

Введем некоторые определения. Пусть направленный граф G состоит из непустого множества E направленных ребер (дуг) и непустого множества V вершин (узлов). В дальнейшем пары слов *ребро* и *дуга*, *вершина* и *узел* будем считать синонимами. Пусть каждое ребро однозначно определяется по его начальному i и конечному j узлам.

Будем называть *маршрутом* последовательность дуг, в которой конечный узел одной дуги является начальным узлом следующей дуги.

Направленный взвешенный связанный граф будем называть *сетью*, при этом каждый узел сети активируется с некоторой вероятностью.

Выполнением сети будем называть процесс выполнения случайного эксперимента, в то время как *реализацией сети* будем называть итог данного эксперимента.

Весом дуги $<i,j>$ для стохастической GERT-сети является вектор $[p_{ij}, F_{ij}]$, где p_{ij} – условная вероятность выполнения дуги $<i, j>$ при условии активации узла i (более кратко – вероятность выполнения дуги (работы) $<i, j>$); F_{ij} – условная функция распределения времени выполнения дуги $<i, j>$ при условии, что $<i, j>$ выполняется.

Каждый узел сети имеет входную и выходную функции активации, также влияющие на параметры активируемого узла.

Существуют следующие виды входных функций:

– AND-функция (узел активируется, если выполнены все дуги, входящие в него);

– IOR-функция (узел активируется, если выполнена любая дуга, входящая в него);

– EOR-функция (узел активируется, если выполнена любая дуга, входящая в него, при условии, что в данный момент времени может выполняться только одна дуга, входящая в данный узел).

Выходные функции бывают *детерминированными* (все дуги, выходящие из узла, выполняются, если узел активирован) и *стохастическими* (только одна дуга, выходящая из узла, выполняется с заданной вероятностью, если узел активирован).

Комбинируя все входные и выходные функции (рис. 3), получаем шесть различных типов узлов.

Активация узла означает, что система перешла в некоторое состояние и определяет множество возможных дальнейших действий. Одно или несколько действий начинают свое выполнение сразу после активации узла, являющегося их началом. Активация узла происходит, если его входная функция выполнена. После выполнения выходной функции активированного узла, т. е. начала выполнения соответствующей дуги, он становится неактивным.

Таким образом, GERT-сеть – это сеть с источниками R и стоками S вида «работа на дуге», в которой каждый узел принадлежит одному из шести типов узлов, для каждой дуги $<i, j>$ определен вес вида $[p_{ij}, F_{ij}]$ с указанными выше значениями и задано начальное распределение источников сети.

Например, модель N-версионного программирования (см. рис. 2) может быть представлена в виде GERT-сети, каждый узел которой состоит из EOR-входа и стохастического выхода (рис. 4). Если для каждого узла этой сети задать вектор $[p_{ij}, F_{ij}]$, то это позволит получить качественные характеристики системы.

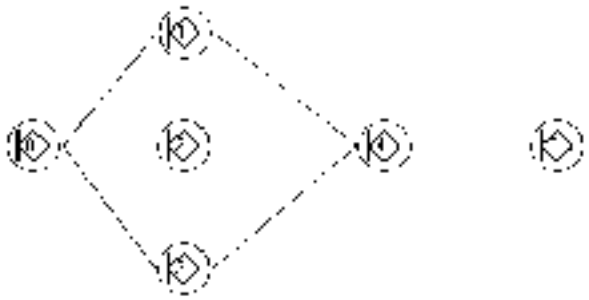


Рис. 4. Модель N-версионного программирования в виде GERT-сети

Итак, в заключение сделаем несколько выводов:

– повышение надежности программного обеспечения является актуальной задачей;

– избыточность (и ее более частный случай – мультиверсионность) как метод повышения надежности ПО является распространенным, перспективным и достаточно эффективным методом;

– методы сетевого анализа (в том числе частный случай сетей – GERT-сети) позволяют легко построить модель системы и составить процедуры для определения ее качественных характеристик;

– любой комплекс программ и все программное обеспечение как совокупность всех комплексов программ являются сложными системами и в соответствии с этим они могут быть подвергнуты декомпозиции и представлены в виде множества узлов и дуг или просто сети. Следовательно, любое мультиверсионное программное обеспечение также может быть представлено в виде сети;

– учитывая свойства методов анализа сетей, которые позволяют составить формальные процедуры для определения качественных характеристик системы, можно с большой степенью вероятности предположить, что надежность мультиверсионного программного обеспечения как одна из его качественных характеристик может быть рассчитана с использованием методов анализа сетей.

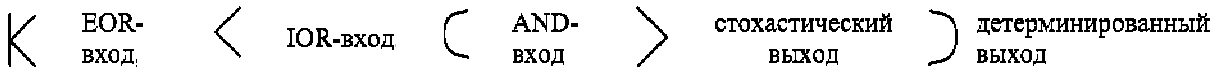


Рис. 3. Графическое обозначение входных и выходных функций GERT-сети

Библиографический список

1. Орлов, С. Технологии разработки программного обеспечения / С. Орлов. СПб. : Питер, 2002.

2. Поздняков, Д. А. Компонентная программная архитектура мультиверсионных систем обработки информации и управления : автореф. дис. … канд. техн. наук / Д. А. Поздняков. Красноярск, 2006.

3. Липаев, В. В. Проектирование программных средств : учеб. пособие / В. В. Липаев. М. : Высш. шк., 1990.

4. Avizienis, A. On the Implementation of N-Version Programming for Software Fault Tolerance During Execution / A. Avizienis, L. Chen // Proc. of the IEEE COMPSAC'77. Chicago, USA, 1977. P. 149–155.

5. Randell, B. The Evolution of the Recovery Block Concept / B. Randell, J. Xu // Software Fault Tolerance / ed. M. R. Lyu. New York : John Wiley&Sons, 1995. P. 1–21.

6. Predictably Dependable Computing Systems / ed. B. Randell [et al.]. Berlin : Springer-Verlag, 1995.

7. The Methodology of N-Version Programming / A. Avizienis // Software Fault Tolerance / ed. M. R. Lyu. New York : John Wiley & Sons, 1995. P. 22–46.

8. Scott, R. K. Fault-Tolerant Software Reliability Modeling / R. K. Scott, J. W. Gault, D. F. McAllister // IEEE Transactions on Software Engineering. 1987. Vol. SE-13, № 5. P. 582–592.

9. Письман, Д. М. GERT-сетевой анализ временных характеристик работы узлов распределенных систем обработки информации : автореф. дис. … канд. техн. наук / Д. М. Письман. Красноярск, 2006.

10. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. М. : Мир, 1984.

P. V. Kovalev, A. N. Laykov, S. N. Gritsenko

THE RELIABILITY RESEARCH OF N-VERSION SOFTWARE USING METHODS OF NETWORK ANALYSIS

The technique of the reliability research of N-version software is offered. It allows using algorithms and methods of network analysis for the reliability research of software, developed by N-version approach using.

Keywords: reliability, N-version, networks, estimation methods, network analysis.

УДК 004.421.4

К. В. Бадмаева

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РЕЛЕВАНТНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЛЯ МАТЕРИАЛИЗАЦИИ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ*

Рассмотрено проектирование специализированных хранилищ данных при отсутствии статистической информации о работе базы данных. Предложен алгоритм оценки релевантности представлений на основе данных предметной области, который позволяет принимать решение о включении в схему хранилища агрегированных данных. Алгоритм предназначен для уменьшения субъективности проектировщиков при создании эффективной первоначальной модели данных хранилища.

Ключевые слова: хранилище данных, материализация представлений.

Одной из наиболее важных задач проектирования информационных хранилищ данных является задача выбора представлений для материализации. Материализованными представлениями называются собранные в базе данных (БД) сводные таблицы, полученные выбором и агрегированием данных из других таблиц. Существующие алгоритмы выбора представлений основываются на статистике, собранной по полям таблиц хранилища сервером БД в процессе эксплуатации системы [1–4]. Поэтому разработка методов, способствующих повышению производительности хранилища на ранних стадиях проектирования, когда статистика еще отсутствует, актуальна и востребованна.

При проектировании хранилищ необходимо решить проблему выбора представлений, которые наиболее целесообразно включить в схему данных при наличии ограничений на системные ресурсы. В общем случае задача выбора относится к классу NP-трудных [5], и для ее решения применяются эвристические методы.

Автором данной статьи предлагается оценивать релевантность, т. е. важность с точки зрения пользователей хранилища, представлений на основе исследования предметной области, определения целей, задач и наборов методов анализа данных еще до того, как в базе данных будет накоплена достаточная статистика. Определение ре-

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для ведущих научных школ № НШ-3431.2008.9.

левантности материализованных представлений производится с помощью разработанного автором алгоритма, основанного на системном анализе целей и задач, которые решаются информационным хранилищем данных. Применение этого алгоритма позволяет принимать решения о включении в схему БД агрегированных данных, наиболее выгодных для использования системных ресурсов, на ранних этапах разработки хранилища.

Постановка задачи оценки представлений. Для решения задачи выбора представлений для материализации при исследовании предметной области требуется определить набор расчетных методик $M = \{M_1, ..., M_N\}$, предназначенных для анализа данных. Методики включают правила вычисления отдельных показателей или семантически связанных групп показателей.

Поставим каждой методике в соответствие числовое значение $S(M_i)$, отражающее оценку ее семантической важности для данной предметной области. Это можно выполнить, используя методы экспертных оценок [6].

Частоту использования данных в хранилище $F(M_i)$ можно оценить по временному периоду обновления результатов методик, связанному с поступлением новых данных. Для этого необходимо определить наибольший период обновления результатов методик T, характерный для данной предметной области, и рассчитать частоту применения результатов каждой методики за этот период, получаемую методами экспертных оценок [6].

Для $M = \{M_i\}$, $i = \overline{1, N}$, где M – множество методик предметной области; N – количество методик, семантическая важность каждой из этих методик определяется как $S(M_i) \in [0; \sigma]$, где σ – некоторое максимальное значение, соответствующее наибольшей важности, а частота применения каждой методики – как $F(M_i) \in \left(0; \frac{1}{T}\right]$, где T – наибольший период времени обновления результатов методик (пополнения данных).

Выполнив анализ и систематизацию экспертных оценок для расчетных методик предметной области, представления для материализации можно оценить на основе алгоритма релевантности. Входными данными этого алгоритма является множество методик предметной области с рассчитанной семантической важностью и частотой использования:

$$M = \{M_i\}, i = \overline{1, N}; \quad S(M_i) \in [0; \sigma]; \quad F(M_i) \in \left(0; \frac{1}{T}\right].$$

Множество методик разбивается на классы по частоте использования. Количество классов K для разбиения методик выбирается на основе исследования предметной области или с помощью экспертных оценок [6]. Выходные данные алгоритма – это множество представлений M^{CV}, упорядоченных по релевантности.

В алгоритме определения релевантности представлений используются следующие основные обозначения:

– $M = \{M_i\}$ – множество методик предметной области, $i = \overline{1, N}$;

– N – количество методик предметной области;

– $S(M_i)$ – семантическая важность i-й методики;

– σ – максимальное значение семантической важности;

– $F(M_i)$ – частота применения i-й методики;

– T – наибольший период времени обновления результатов методик (пополнения данных);

– K – количество классов разбиения методик;

– $P = \{P_1, \ldots, P_K\}$ – множество классов частоты использования методик;

– s – количество уровней семантической важности методик;

– $S = \{1, ..., s\}$ – множество уровней семантической важности;

– $R_M = \{R_1^{\,1}, R_1^{\,2}, ..., R_1^{\,s}, \ldots, R_K^{\,1}, R_K^{\,2}, ..., R_K^{\,s}\}$ – множество классов методик, упорядоченное по релевантности на основе частоты использования и семантической важности;

– $R_M^i = \{R_i^1, R_i^2, ..., R_i^s\}$ – множество i-го класса частот методик, упорядоченное по релевантности на основе семантической важности;

– $A = \{A_1, ..., A_K\}$ – множество атрибутов классов методик;

– A_i – множество атрибутов, используемых в методиках R_M^i;

– $a \in A$ – атрибут расчетной методики;

– M^A – множество классов атрибутов, построенное по заданному алгоритму;

– M^{CV} – множество кандидатов представлений на основе M^A.

Пошаговое описание алгоритма оценки релевантности представлений. Для построения упорядоченного по релевантности множества представлений выполняются следующие шаги.

Шаг 1 – разбить множество расчетных методик на классы по частоте их использования.

На этом шаге определяются правила разбиения методик на классы по частоте их использования. Если K – количество классов разбиения, на которое разбивается интервал частоты применения методик $\left(0; \frac{1}{T}\right] = (0; P_1] \cup (P_1; P_2] \cup \ldots \cup \left(P_{K-1}; \frac{1}{T}\right]$, каждый из которых определяет отдельный класс, то

$$M_i \in P_1, \text{ если } F(M_i) \in (0; P_1],$$

$$M_i \in P_j, \text{ если } F(M_i) \in (P_{j-1}; P_j],$$

$$M_i \in P_K, \text{ если } F(M_i) \in \left(P_{K-1}; \frac{1}{T}\right],$$

где $P = \{P_1, \ldots, P_j, \ldots, P_K\}$ – множество классов частот использования методик, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{2, K-1}$.

Шаг 2 – сформировать упорядоченное по релевантности множество методик.

На этом шаге формируются классы методик по частоте и семантической важности. Входные данные: $M = \{M_i\}$, $S(M_i) \in [0; \sigma]$, $F(M_i) \in \left(0; \frac{1}{T}\right]$, $i = \overline{1, N}$, K – количество классов разбиения. Требуется выделить на интервале $[0; \sigma]$ s уровней:

$$[0; \sigma] = \left[\begin{array}{l} 0;\ \text{level}1) \cup [\text{level}1; \text{level}2) \cup \\ \cup \ldots \cup [\text{level}(s-1); \sigma \end{array}\right].$$

Количество уровней s и границы их интервалов определяются экспертами на этапе анализа предметной области. В первую очередь необходимо учитывать элементы, имеющие наибольшую оценку семантической важности.

Правила разбиения, которые определяют классы методик по уровням семантической важности и классам частот использования, задаются следующим образом:

$$M_i \in R_j^{\,1}, \text{ если } F(M_i) \in P_j \text{ и } S(M_i) \in [level(s-1); \sigma]$$

$M_i \in R_j^{\,2}$, если $F(M_i) \in P_j$ и
$S(M_i) \in \left[\text{level}(s-2); \text{level}(s-1)\right)$,
$M_i \in R_j^{\,s}$, если $F(M_i) \in P_j$ и
$S(M_i) \in [0; \text{level}1)$ $j = \overline{1, K}$.

Выходные данные: $R_M = \{R_1^{\,1}, R_1^{\,2}, ..., R_1^{\,s}, \ldots, R_K^{\,1}, R_K^{\,2}, ..., R_K^{\,s}\}$ – множество классов методик, упорядоченных по уменьшению релевантности и частоте использования. Пошаговое построение R_M с промежуточным выделением его элементов позволит выполнять перерасчет множества релевантных представлений за счет изменения или исключения из рассмотрения отдельных уровней семантической важности.

Шаг 3 – построить множество классов атрибутов методик.

На этом шаге для определения множеств атрибутов, участвующих в формировании методик, элементы множества R_M группируются по частоте использования: $R_M^1 = \{R_1^{\,1}, R_1^{\,2}, ..., R_1^{\,s}\}$, …, $R_M^s = \{R_K^{\,1}, R_K^{\,2}, ..., R_K^{\,s}\}$, всего K групп. Одни и те же атрибуты могут входить в различные методики. Для определения множества классов релевантных атрибутов M^A предлагается использовать алгоритм исключения (рис. 1).

Этот алгоритм заключается в том, что элементы множества атрибутов, участвующих в формировании наиболее важных методик, вычисляются по формуле

$$M_1^A = A_1,\ M_j^A = A_j \setminus \bigcup_l A_l,$$

где $l = \overline{1, (j-1)}$, $j = \overline{2, K}$; A_j, A_l – множества атрибутов методик R_M^j и R_M^l соответственно. Количество элементов множества M^A совпадает с количеством классов методик K, заданным экспертным путем: $M^A = \{M_i^A\}$, где $i = \overline{1, K}$.

Шаг 4 – упорядочить по релевантности множество представлений.

На этом шаге частота и релевантность представлений определяется входящими в них атрибутами. На основе множества M^A формируется множество кандидатов представлений $M^{CV} = \{M_i^{CV}\}$, где M_i^{CV} – множество всевозможных сочетаний элементов $M_i^A \cup M_{i-1}^A$.

Полученное множество M^{CV} кандидатов представлений, упорядоченное по релевантности, может использоваться для повышения эффективности модели хранилища данных.

Пример применения алгоритма оценки релевантности представлений. Пусть при исследовании предметной области определены множество методик $M = \{M_i\}$, $i = \overline{1, 15}$, семантическая важность каждой методики $S(M_i) \in [0; \sigma]$ и частота использования $F(M_i) \in \left(0; \frac{1}{T}\right]$, где $y = 10$; $T = 12$ месяцев. Количество уровней важности $s = 2$, граница уровней находится в $y / 2$, количество классов частот использования методик $K = 3$. Требуется разбить M на классы по частоте и семантической важности (рис. 2).

Для выделения семантически важных элементов разобьем интервал $[0; \sigma]$ на две части (по значению уровней важности s): $[0; \sigma] = [0; \sigma / 2) \cup [\sigma / 2; \sigma]$. Методики, значение семантической важности которых попадает в область $[\sigma / 2; \sigma]$ относятся к первому уровню, в область $[0; \sigma / 2)$ – ко второму.

Выполним разбиение отрезка $\left(0; \frac{1}{T}\right]$ на классы. Например, методики, используемые ежеквартально и ежемесячно, относятся к классу P_1, используемые примерно два раза в год, – к классу P_2, используемые реже чем два раза в год, – к классу P_3.

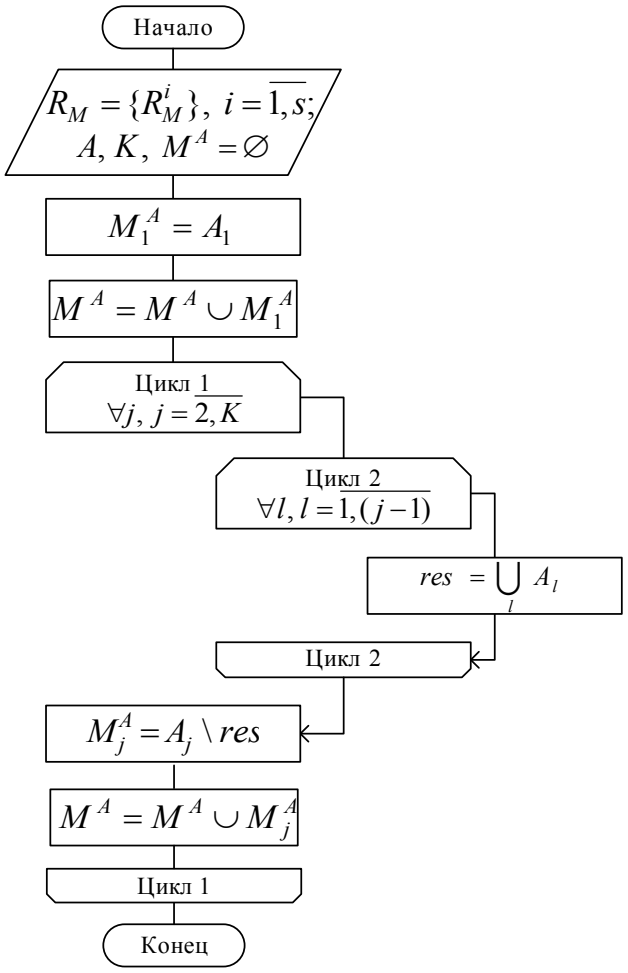


Рис. 1. Блок-схема алгоритма исключения

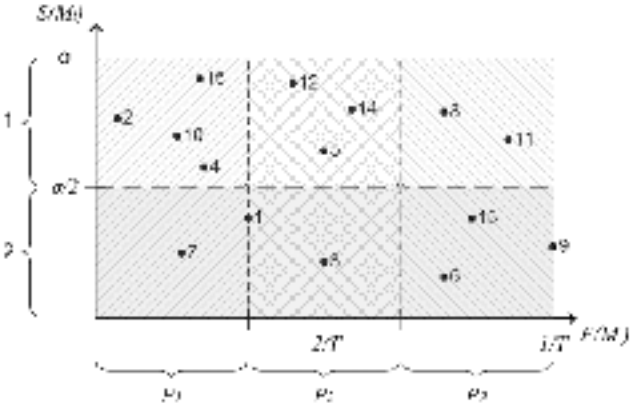


Рис. 2. Разбиение методик на классы по семантической важности (ось абсцисс) и частоте использования (ось ординат) (методики обозначены точками с указанием порядкового номера)

Правила формирования множества релевантных элементов для данного примера будут следующими:

$M_i \in R_j^{\,1}$, если $F(M_i) \in P_j$ и $S(M_i) \in [\sigma/2;\sigma]$,

$M_i \in R_j^{\,2}$, если $F(M_i) \in P_j$ и $S(M_i) \in [0;\sigma/2)$; $j = \overline{1,K}$.

Сформируем упорядоченное по релевантности множество классов:

$$R_M = \{R_1^{\,1}, R_1^{\,2}, R_2^{\,1}, R_2^{\,2}, R_3^{\,1}, R_3^{\,2}\} =$$
$$= \begin{Bmatrix}(M_2, M_4, M_{10}, M_{15}); (M_1, M_7); (M_5, M_{12}, M_{14});\\ (M_3); (M_8, M_{11}); (M_6, M_9, M_{13})\end{Bmatrix}.$$

Для определения множеств атрибутов, участвующих в формировании методик, сгруппируем элементы множества R_M по частоте использования: $R_M^1 = \{R_1^1, R_1^2\}$, $R_M^2 = \{R_2^1, R_2^2\}$, $R_M^3 = \{R_3^1, R_3^2\}$.

Сформируем множество релевантных атрибутов по алгоритму исключения (рис. 3).

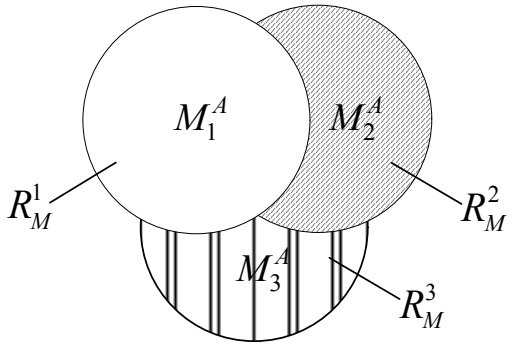


Рис. 3. Пример алгоритма исключения

Определим множество классов M^A, включающее множества атрибутов, упорядоченных по убыванию релевантности. Упорядоченные множества содержат атрибуты множеств методик, исключая уже учтенные атрибуты, и число полученных множеств совпадает с количеством классов методик: $M_1^A = A_1$, $M_2^A = A_1 \setminus A_2$, $M_3^A = A_3 \setminus (A_1 \cup A_2)$. Итак, множество $M^A = \{M_1^A, M_2^A, M_3^A\}$ для формирования кандидатов представлений M^{CV} построено.

Таким образом, предложенный в данной статье алгоритм оценки релевантности представлений, использующий данные предметной области, позволяет принимать решения о включении в схему хранилища агрегированных данных. Множество представлений, полученное в результате выполнения алгоритма, может использоваться для повышения эффективности модели хранилища данных на начальном этапе его разработки. Дальнейший выбор представлений для материализации предполагается выполнять с учетом ограничения дискового пространства и минимизации общей стоимость материализации, состоящей из стоимости обслуживания и времени ответа на запросы к базе данных [7].

Апробация рассмотренных методов и алгоритмов выполнена при реализации хранилища медико-демографических данных и специализированного хранилища показателей социально-экономического развития региона [8; 9].

Библиографический список

1. Theodoratos, D. A general framework for the view selection problem for data warehouse design and evolution / D. Theodoratos, M. Bouzeghoub // Proc. of the 3rd ACM Intern. Workshop on Data Warehousing and OLAP. New York, 2000. P. 1–8.

2. ROLAP implementations of the data cube / K. Morfonios, S. Konakas, Y. Ioannidis, N. Kotsis // ACM Comput. Survey. 2007. Vol. 39, № 4. P. 12.

3. Efficient approaches for materialized views selection in a data warehouse / M. Hung, M. Huang, D. Yang, N. Hsueh // Inform. Sci. 2007. № 177. P. 1333–1348.

4. Gupta, H. Selection of Views to Materialize in a Data Warehouse / H. Gupta, F. N. Afrati, P. G. Kolaitis // Proc. of the 6th intern. Conf. on Database Theory. London : Springer-Verlag, 1997. P. 98–112.

5. Golfarelli, M. View Materialization for Nested GPSJ Queries / M.Golfarelli, S.Rizzi // Proc. of the Intern. Workshop on Design and Management of Data Warehouses. Stockholm, Sweden, 2000. P. 6.

6. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Статистика, 1980.

7. Бадмаева, К. В. Формирование стоимостной модели для проектирования хранилищ данных / К. В. Бадмаева // Современные информационные технологии в науке, образовании и практике : материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Оренбург. гос. ун-т. Оренбург, 2008. С. 332–341.

8. Исаева, О. С. Проблемы построения специализированного хранилища демографических данных / О. С. Исаева, К. В. Шалдыбина // Вестник КрасГУ. Серия «Физико-математические науки». 2006. № 1. С. 222–227.

9. Пенькова, Т. Г. Проектирование специализированного хранилища показателей социально-экономического развития региона / Т. Г. Пенькова, Л. Ф. Ноженкова, К. В. Шалдыбина // Вестник КрасГАУ. 2007. № 14. С. 122–128.

K. V. Badmaeva

THE RELEVANCE ESTIMATION ALGORITHM REPRESENTATIONS FOR MATERIALIZATION IN SPECIALIZED DATA WAREHOUSE

In the paper specialized data warehouses design at the absence of the statistical information about database work is considered. The relevance estimation algorithm of representation, on the basis of data domain is offered. It allows decision making about aggregated data including the data warehouse scheme. The algorithm is intended to reduce a designer's subjectivity at the development of effective initial model of data warehouse.

Keywords: data warehouse, representations materialization.

УДК 621.391

К. П. Винтураль, Д. Ю. Пономарев

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТИ ПО ДОСТАВКЕ КОНТЕНТА

Рассмотрен тензорный метод анализа вероятностно-временных характеристик сети по доставке контента. Проведен сравнительный анализ результатов тензорного метода и имитационного моделирования в среде GPSS.

Ключевые слова: контент, моделирование, задержка, вероятность потерь, тензорный анализ.

В последнее время в сети Интернет все большую популярность наряду с классическими услугами связи получают мультимедийные услуги. К реализациям классических услуг можно отнести передачу телефонных разговоров через Интернет (*Voice over IP*), а к мультимедийным услугам – потоковое видео (*streaming video*), интернет-радио (*Internet radio*), интерактивные игры (*interactive games*) и т. п. И следует отметить, что требования к доставке информации (пакетов) для этих новых услуг Интернета существенно отличаются от требований, предъявляемым к обычным услугам передачи данных [1].

Для большинства мультимедийных услуг критичными являются такие вероятностно-временные характеристики сети, как задержка пакета от пользователя до пользователя либо от сервера до пользователя, дисперсия задержки (джиттер), а также вероятность потери пакета. Под задачей обеспечения качества обслуживания, т. е. предоставления гарантий по параметрам качества обслуживания, как правило, понимается соблюдение заданных значений этих параметров.

Сейчас очень актуальна проблема задержек, возникающих в Интернете, из-за которых пользователю приходится долго ожидать появления необходимой ему информации. Это становится особенно заметным, когда необходимо получить различные виды мультимедиа. Основной причиной задержек является то, что Интернет представляет собой совокупность связанных между собой множества сетей. Прежде чем запрос о загрузке той или иной веб-страницы попадет на соответствующий веб-сайт, он может пересечь несколько сетей, в которых интернет-провайдеры в свою очередь принимают пакеты из чужих сетей. И здесь могут возникать большие очереди и сильное переполнение, что приводит к росту задержек и потере пакетов. Еще одной причиной возникновения задержек является недостаточная производительность серверов, на основе которых организуются информационные сайты, что приводит к значительному увеличению задержки и вероятности потерь пакетов. В результате возникает вопрос: а будут ли предоставлены гарантии по соблюдению параметров качества обслуживания, например, между пользователем и сервером?

Таким образом, очевидно, что обеспечение качества обслуживания требует внедрения как новых механизмов, так и методов построения сети Интернет.

Данные проблемы могут быть легко разрешимы при использовании сети по доставке контента CDN (*Content Delivery Networks*). Услуги такой сети основаны на кешированных решениях, предназначенных для перемещения информации ближе к конечным пользователям. Зеркально отображая и кешируя файлы на большом количестве серверов, расположенных вдоль границы сети из коммутаторов и маршрутизаторов, эти службы стремятся приблизить данные к конечным пользователям, направить их на сайты, расположенные вдоль внешних, менее переполненных границ сети, предотвращая таким образом опасность сетевых заторов и осуществляя более быстрый доступ к информации.

Основная идея сети по доставке контента состоит в том, что в ее инфраструктуре основное внимание должно быть перенесено с сетевого уровня модели взаимодействия открытых систем на прикладной. Это означает, что функции устройств должны развиться от просто сборки и пересылки пакетов до сборки и пересылки необходимой информации. Данная сеть будет состоять из целого комплекса интеллектуальных устройств, совместно работающих для оптимальной доставки контента. Например, если происходит инициация запроса, то он будет направлен на устройство, которое предоставит лучшее обслуживание в данный момент и для данной информации. Каждый запрос будет обрабатываться уникальным образом, в зависимости от пользователя, местоположения и других факторов. Теперь не пользователь со своим приложением подстраивается под возможности сети, а сеть меняет свои настройки с учетом требований пользователя. При этом сеть не только реагирует на его текущие запросы, но и анализирует его предпочтения и текущее окружение, предоставляя соответствующую информацию системе управления, удовлетворяющей принципам адаптивности [2].

Поскольку каждое устройство в сети знает, где находится необходимая информация, то веб-страницы будут конструироваться из различных источников. Это позволяет устройствам специализироваться на определенных типах клиентов, таких как потоковое мультимедиа или постоянно изменяющиеся рыночные цены, а каждой странице – строиться в динамическом режиме. Здесь наиболее важным фактором является то, что в новой модели централизованному серверу, содержащему оригинал данных, нет необходимости обрабатывать каждый запрос, т. е. большая часть запросов будет обслуживаться в различных кеширующих устройствах [3].

Таким образом, сеть по доставке контента обеспечивает значительное снижение затрат на обслуживание и управление, экономию на вычислительных ресурсах и каналах связи, сокращение расходов на инфраструктуру, которая становится единой для всех типов приложений, т. е. данная сеть обеспечивает лучшее качество, большую надежность, а также возможность одновременного об-

служивания большого количества запросов из любой точки земного шара.

В настоящее время существует множество методов для определения вероятностно-временных характеристик, например имитационное моделирование на ЭВМ, теория графов, теория массового обслуживания, алгебраические и теоретико-множественные методы, а также архитектуры «Интеллектуальные услуги IntServ и DiffSerf», но нет таких методов, которые бы позволили решать реальные сетевые задачи, характеризующиеся огромным количеством взаимодействующих узлов и разнообразием методов коммутации и сигнализации. Определение этих параметров является традиционно важной задачей в исследовании сетей связи и обмена данными, особенно при передаче различных видов мультимедиа, очень чувствительных к задержкам. Следовательно, нужно найти новый метод для определения данных параметров, который бы позволил находить их для любой сложности сети CDN и мог приспосабливаться к любым ее структурным изменениям.

В качестве такого метода может быть использована разработанная американским ученым и инженером Г. Кроном тензорная методология, опирающаяся на мощный аппарат тензорного исчисления и матричной алгебры. Применив тензорный метод для сложной сети массового обслуживания и используя понятия исходной и примитивной сети, можно получить выражения для определения характеристик исходной сети, задавая параметры для примитивной сети [4].

Для решения перечисленных выше задач воспользуемся контурным и узловым методами анализа тензорной методологии, которые позволяют решать различные сетевые задачи. В качестве примера рассмотрим известное выражение для определения загрузки устройств ρ, дающее связь между интенсивностью поступления вызовов λ и средним временем обслуживания t_{obsl}. В частности, задавая среднее время обслуживания, загрузку устройств (для контурного метода) или интенсивность поступления вызовов (для узлового метода) для примитивной сети, мы можем получить распределения интенсивностей поступления вызовов (для контурного метода) и загрузки (для узлового метода) в исходной сети. Для подтверждения правильности результатов тензорного анализа дополнительно будем использовать результаты имитационного моделирования [5].

Рассмотрим частный случай сети, состоящей из тринадцати узлов и трех источников нагрузки (User) (пуассоновский поток) (рис. 1).

Системы массового обслуживания (СМО) обладают показательным распределением промежутков между вызовами (на рис. 1 оно обозначено как первая буква М) и показательной длительностью обслуживания (вторая буква М). Коммутаторы Switch и Content Switch (коммутатор контента) и маршрутизаторы Router рассматриваются как многоканальные системы с ожиданием (обозначено как буква V), кеширующие устройства (Cache) и серверы (Server) – как одноканальные системы с ожиданием (обозначены цифрой 1). Так как в качестве источников нагрузки рассматривается пуассоновский поток, то три источника нагрузки объединяем в один. Для экономии места на рис. 1 маршрутизаторы показаны в виде одной системы массового обслуживания. Буквой N обозначен объем использованного буфера.

В контурном методе выражение для загрузки устройств примет следующий вид: $\rho = \lambda \cdot t_{obsl}$. В исследуемой нами сети имеются семь контуров, и в качестве переменной принимается интенсивность потоков λ, протекающих в семи контурах сети (рис. 2).

В узловом методе для тринадцати ветвей сети, состоящей из тринадцати узловых пар (открытых путей), в качестве распределения потенциалов, которые возникают под действием поступающих в сеть потоков сообщений λ, принимаются величины загрузки устройств ρ, соответствующих ветвям сети (рис. 3). В узловом методе выражение для определения загрузки будет иметь вид $\lambda = \rho \cdot t_{obsl}^{-1}$, где $t_{obsl}^{-1} = \mu$ – интенсивность обслуживания запросов.

Зададим параметры примитивной сети для рассматриваемого нами случая (см. рис. 2, 3): среднее время обслуживания t_{obsl}, интенсивность поступления вызовов λ_{prim} для узлового метода и загрузку устройств ρ_{prim} для контурного метода (табл. 1).

В результате расчетов получим интенсивность поступления вызовов λ_{ish} и загрузку устройств ρ_{ish} для исходной сети (табл. 2).

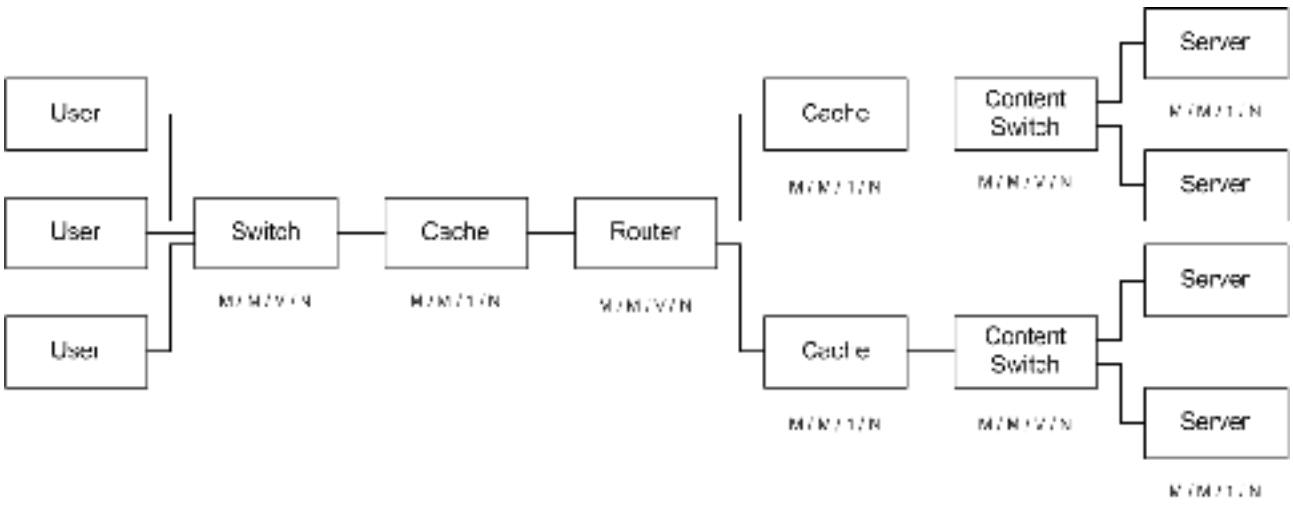


Рис. 1. Пример сети по доставке контента (обозначения см. в тексте)

По полученным результатам, в зависимости от поставленной задачи, определим необходимые параметры, такие как задержка, вероятность потерь и т. д.

Покажем, как можно вычислить среднее время задержки для всей сети (для экономии места вывод формул не приводится).

Сначала определим среднюю очередь $Q_{\text{СМО}}$ для каждой системы массового обслуживания:

$$Q_{\text{СМО}} = \sum_{n=V}^{V+N} n \cdot \frac{\rho^{N+2V} \cdot V^{V}}{V!},$$

после чего найдем среднее время задержки для каждой СМО:

$$T_{\text{СМО}} = \frac{Q_{CMO}}{\lambda_{\text{ish}}} + t_{\text{obsl}}.$$

Далее определим среднее время задержки для всей сети.

Для частного случая сети, состоящей из тринадцати узлов, предположим, что запрос от пользователя идет через узлы 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13. Тогда результат для всей сети будет выглядеть следующим образом:

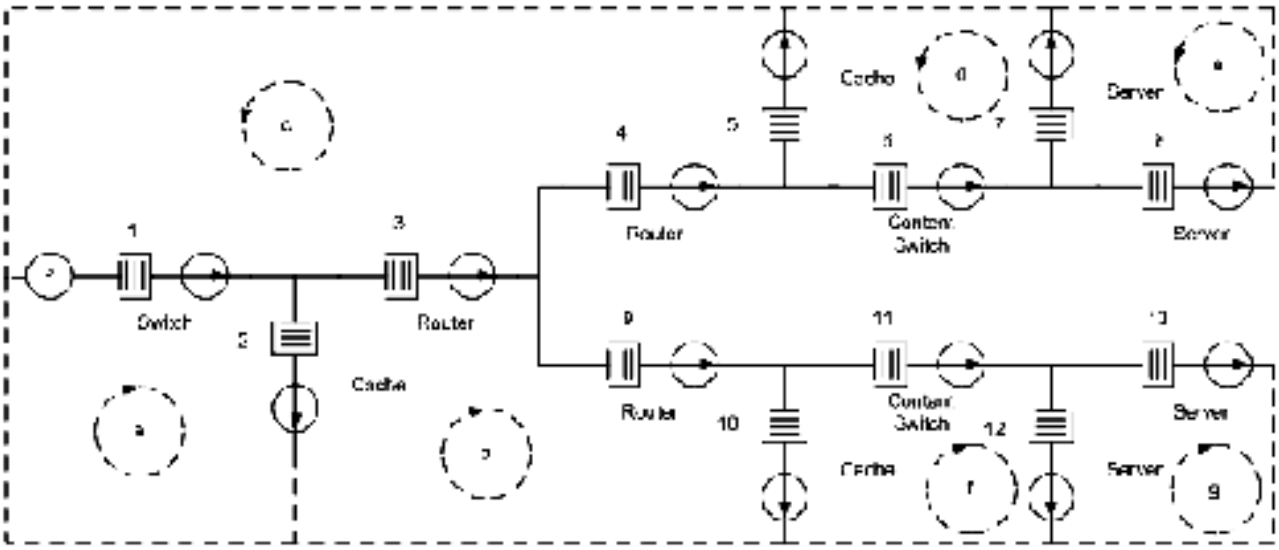


Рис. 2. Пример сети по доставке контента в тензорном виде для контурного метода

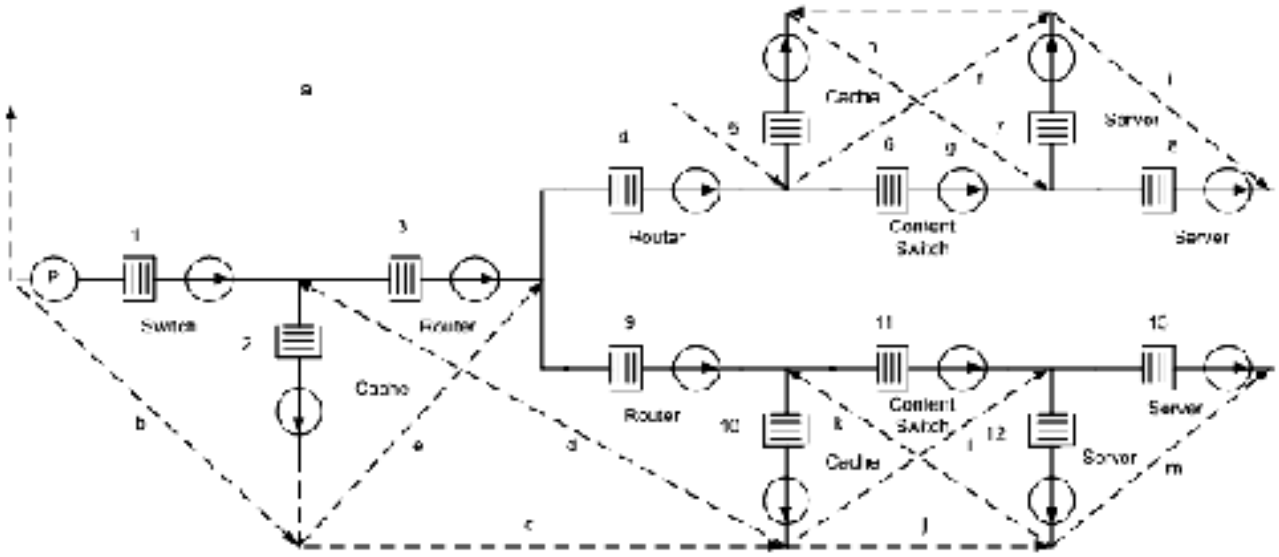


Рис. 3. Пример сети по доставке контента в тензорном виде для узлового метода

Таблица 1

Параметры для примитивной сети

Параметр	Номер узла												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t_{\text{obsl 1,…, 13}}$	0,50	0,60	0,90	0,80	0,70	0,40	0,30	0,70	0,80	0,90	0,50	0,60	0,40
$\lambda_{\text{prim 1,…, 13}}$	0,23	1,73	0,95	0,73	0,78	0,36	0,54	0,86	1,80	1,54	0,60	0,90	0,85
$\rho_{\text{prim 1,…, 13}}$	0,80	0,90	0,95	0,70	0,90	0,80	0,95	0,85	0,80	0,70	0,75	0,85	0,90

$$T_{CMO} = T_{CMO1} + T_{CMO2} + T_{CMO3} + T_{CMO9} + T_{CMO10} + T_{CMO11} + T_{CMO12} + T_{CMO13}.$$

Тензорный метод анализа позволяет быстро и надежно проводить анализ необходимых характеристик сетей по доставке контента, благодаря чему становится возможным эффективное управление распределением нагрузки во всей сети. Изменение вероятности перехода требования из одной ветви в другую в узле связи (для узлового метода) приведет к перераспределению нагрузки между отдельными ветвями сети, что в свою очередь изменит метрики и протоколы маршрутизации, на основе которых выбирается наиболее оптимальный маршрут.

Для иллюстрации этого положения рассмотрим схему на рис. 2. Пусть большая часть требований идет из источника нагрузки P через ветви 1, 2, 3, 9 до ветви 10. Маршрутизация осуществляется на основе протоколов RIP/OSPF, которые выбирают кратчайший путь. В качестве метрики используется длина маршрута. Уменьшение вероятности перехода требований $P_{9,3}$ приведет к увеличению вероятности $P_{4,3}$ и перераспределению потоков, например, на маршрут 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. В результате произойдет сокращение загрузки и времени отклика устройств исходного маршрута, следовательно уменьшится вероятность потерь и задержка доставки пакетов в сети. В данном случае маршрутизация потоков осуществляется на основе протокола IGRP, в котором используется комбинация таких метрик, как задержка сети, полоса пропускания, надежность и загруженность сети.

Сравним результаты загрузки устройств, полученные выше с помощью тензорного анализа, с результатами имитационного моделирования.

В качестве исходных данных возьмем среднее время обслуживания в узлах сети t_{obsl}, интенсивность поступления вызовов λ на источнике нагрузки P, а также вероятности переходов из одного узла в другой $P_{n,m}$. Для проверки полученных результатов интенсивность поступления вызовов λ на источнике нагрузки примем 0,23, равной λ_{prim} на первом узле тензорного анализа.

Приведем текст программы в системе GPSS для одной СМО M/M/N/K:

```
name3 table N$line3, 1 , 1, 140
name1 table N$line1, 1 , 1, 8          ; Определение таблицы плотности распределения
name2 table K$line2, 1, 1, 12
line3 STORAGE 140                      ; Проверка объема памяти для всех СМО
line1 STORAGE 8                        ; Проверка объем памяти для данной СМО
GENERATE (exponential (1, 0, 4.3))     ; Создание запросов для ввода в процесс
                                       ; моделирования
ENTER line3                            ; Занятие памяти или ожидание ее освобождения для
                                       ; всех СМО
TABULATE name3                         ; Обновление таблицы для всех СМО
TEST LE K$line2, 12, poteri            ; Проверка размера буфера. Если он занят, переход
                                       ; на метку «poteri»
QUEUE line2                            ; Постановка запроса в очередь
ENTER line1                            ; Занятие памяти или ожидание ее освобождения для
                                       ; данной СМО
DEPART line2                           ; Освобождение очереди
ADVANCE (exponential (2, 0, 0.5))      ; Имитация обслуживания
LEAVE line1                            ; Освобождение памяти для данной СМО
TRANSFER,ex                            ; Безусловный переход на метку ex
poteri SAVEVALUE 1, N$poteri           ; Сохранение потерь
ex LEAVE line3                         ; Освобождение памяти
TERMINATE
GENERATE 100000                        ; Блок таймера. Генерирование запросов и
TERMINATE 1                            ; уменьшение их значения на 1
```

Программа для всей сети будет выглядеть как последовательность СМО с вероятностями перехода, указанными в табл. 3.

Результатом расчетов являются загрузка устройств с в сети по доставке контента (табл. 4).

Эти значения совпадают с результатами загрузки для исходной сети (см. табл. 2), что подтверждает правильность расчетов, проведенных тензорным методом.

Увеличение спроса на соединения с гарантированным уровнем качества сервиса (QoS) для доставки мультиме-

Таблица 2

Параметры для исходной сети

Параметр	Номер узла												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\lambda_{ish\ 1,\ldots,\ 13}$	1,83	0,27	1,56	0,78	0,04	0,73	0,36	0,36	1,78	0,04	0,73	0,78	0,04
$\rho_{ish\ 1,\ldots,\ 13}$	0,20	0,03	0,17	0,08	0,01	0,08	0,04	0,04	0,80	0,01	0,08	0,04	0,04

Таблица 3

Вероятности переходов из одного узла в другой

Параметр	$P_{3,1}$	$P_{4,3}$	$P_{6,4}$	$P_{8,6}$	$P_{11,9}$	$P_{13,11}$
Значение	0,70	0,43	0,69	0,50	0,76	0,50

диаданных, таких как потоковая передача мультимедиа в реальном масштабе времени, подталкивают к развитию новых принципов построения сети Интернет, а также методов анализа качественных показателей, которые бы позволили предоставлять эти услуги с максимальным качеством. В данной статье была рассмотрена сеть по доставке контента как наиболее перспективное направление сетей нового поколения, которое способно более быстро и эффективно доставлять информацию конечным пользователям.

Тензорный метод анализа позволяет не только быстро и надежно проводить анализ вероятностно-временных характеристик сетей связи, вне зависимости от структуры сети и ее сложности, но и приспособиться к любым изменениям в сети, повышая эффективность ее работы.

Тензорная методология существенно упрощает расчеты параметров качества обслуживания и помогает решать задачи для сложных топологий сетей, где другие методы требуют больших вычислительных ресурсов или не могут получить решения из-за сложности задачи. Данный метод позволяет легко производить расчет характеристик таких систем, их проектирование, управление, предвидеть последствия тех или иных изменений в сети, оптимизировать работу систем и т. д., причем решения могут быть получены для любой структуры сети, что было невозможно сделать применявшимися ранее методами теории массового обслуживания, теории графов и т. д. Как было показано выше, с помощью тензорного метода можно менять вероятность перехода требований из одной ветви в другую, что позволяет оптимизировать такие важные параметры сети, как задержка доставки пакетов, вероятность их потерь, загруженность сети и т. д.

Библиографический список

1. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет : учеб. пособие / Е. А. Кучерявый. СПб. : Наука и техника, 2004.

2. Морриси, П. Коммутаторы контента / П. Морриси // Сети и системы связи. 2004. № 9.

3. Гольдштейн, Б. С. Интеллектуальные сети : учеб. пособие / Б. С. Гольдштейн, И. М. Ехрчель. М. : Радио и связь, 2000.

4. Петров, М. Н. Тензорная методология в информационных сетях : монография / М. Н. Петров, Е. В. Веревкина, М. О. Захарченко ; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2001.

5. Пономарев, Д. Ю. Тензорный метод исследования мультисервисных сетей // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий : материалы Всерос. науч.-техн. конф. / Вост.-Сиб. гос. техн. ун-т. Улан-Удэ, 2005. С. 53–57.

6. Пономарев, Д. Ю. Комплект программ для исследования телекоммуникационных систем и сетей с помощью имитационного моделирования / Д. Ю. Пономарев. М., 2006. Зарег. во Всерос. науч.-техн. информ. центре, № 50200602166.

Таблица 4

Загрузка устройств в сети по доставке контента

Параметр	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	ρ_5	ρ_6	ρ_7	ρ_8	ρ_9	ρ_{10}	ρ_{11}	ρ_{12}	ρ_{13}
Значение	0,20	0,03	0,17	0,07	0,01	0,08	0,04	0,04	0,80	0,01	0,08	0,04	0,05

K. P. Vintural, D. Yu. Ponomarev

THE PROBABILITY-TIME CHARACTERISTIC ANALYSIS OF CONTENT DELIVERY NETWORK

The tensor method for probability-time characteristics analysis in content delivery network is considered. The comparative analysis of results of the tensor method and simulation in GPSS is carried.

Keywords: content, simulation, delay, probability of loss, tensor analysis.

УДК 621.391

М. Н. Фаворская, А. И. Пахирка, А. С. Шилов, М. В. Дамов

МЕТОДЫ ПОИСКА ДВИЖЕНИЯ В ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

Представлена общая концепция информационной технологии видеонаблюдения. Разработана классификация методов поиска движения в видеопоследовательностях. Проанализированы алгоритмы поиска движения при локализации лиц людей в видеопоследовательностях, в задачах видеонаблюдения объектов, а также при реконструкции отдельных сцен видеопоследовательности.

Ключевые слова: поиск движения, видеопоследовательность, статистические показатели.

Важной проблемой, связанной с разработкой систем видеонаблюдения, является усовершенствование технологии обнаружения и сопровождения объектов, находящихся в поле зрения одной или нескольких видеокамер. Общая концепция такой информационной технологии может быть представлена в виде трех уровней обработки информации и принятия решений:

– низкий уровень: реконструкция изображения вследствие дефектов и шумов видеодатчиков, неравномерности частотных характеристик канала передачи, наличие природных эффектов при съемке (туман, дождь, снегопад и т. д.);

– средний уровень: сегментация и оценка таких параметров сегментов, как геометрические размеры, цветовые и текстурные характеристики, параметры движения, а также формирование траекторий движения сегментов, выдвижение гипотез о наличии объектов интереса на основе анализа статических и динамических показателей сегментов, составление списка обнаруженных объектов и их параметров;

– высший уровень: использование результатов оценки параметров предполагаемых объектов в зависимости от целей видеонаблюдения, например распознавание объектов (отнесение наблюдаемых изображений объектов к одному из заданных классов), сопровождение объектов (корректировка направления оптической оси видеодатчика с целью поддержания направления на заданный объект), прогнозирование поведения объектов.

Методы, применяемые для анализа видеопоследовательностей, различаются в зависимости от условий наблюдения, наличия априорной информации об объектах, характеристик перемещения объектов в пространстве, вычислительной сложности реализаций. Особенно сильное влияние оказывают следующие условия наблюдения:

– возможность или невозможность перемещения видеокамеры при съемке;

– количество камер, одновременно производящих съемку сцены под разными ракурсами;

– глобальная характеристика фона (однородный или сложный);

– глобальная характеристика объекта (объект малых размеров относительно размеров кадра или объект, занимающий большую часть кадра);

– наличие большого количества объектов в кадре (проблемы перекрытия изображений объектов, появления и исчезновения изображений объектов из кадра).

Тем не менее можно выделить существенное начальное звено, которое является общим для всего многообразия алгоритмов видеонаблюдения. Этим звеном является поиск движения в текущем кадре на основе анализа предыдущих кадров видеопоследовательности. Анализ существующих алгоритмов показал, что методы поиска движения в видеопоследовательностях целесообразно представить в виде двух направлений – статистического и параметрического подходов (см. таблицу).

В рамках статистического подхода, считающегося более эффективным при наличии однородного фона, применяются корреляционные методы, методы статистической сегментации, методы пространственной и пространственно-временной фильтрации. Параметрический подход лежит в основе сопоставительных методов, методов отслеживания краевых точек изображения объекта, методов слежения за точечными особенностями изображений, анализа движения с использованием графов.

Рассмотрим некоторые методы статистического подхода более подробно.

Поскольку движущийся объект имеет определенное внутреннее состояние, измеряемое на каждом кадре, то требуется максимально эффективно обобщить полученные измерения для оценки состояния объекта. Здесь возможны два частных случая, когда динамика и измерения линейны (задача имеет решение) и когда имеется нелинейная динамика (в общем случае решение задачи невозможно). Обычно используют линейные динамические модели, поскольку они учитывают аддитивный гауссов шум и все плотности вероятностей будут описываться гауссианами.

В простейшей динамической модели изменение состояний заключается в умножении предыдущего состояния на известную матрицу, которая может зависеть от номера кадра, с последующим прибавлением случайной переменной, распределенной по нормальному закону, нулевым значением среднего и известной дисперсией. Обозначим внутреннее состояние объекта в момент времени t_j, интерпретируемое как совокупность сегментов изображения с некоторыми постоянными характеристиками, например признаками движения, как $\boldsymbol{S}_j$, а измерения, носящие случайный характер и выполненные в данный момент времени, – как $\boldsymbol{D}_j$. Большинство практических приложений можно свести к одной из трех основных задач:

– предсказание. Дана последовательность измерений $\boldsymbol{D}_0, \boldsymbol{D}_1, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1}$ и требуется определить, какое состояние для j-го кадра она предсказывает. Для решения этой задачи необходимо знать вероятность $P(\boldsymbol{S}_j \mid \boldsymbol{D}_0, \boldsymbol{D}_1, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1})$;

– ассоциация данных. Измерения, полученные на j-м кадре, отражают состояние объекта. Для извлечения этих данных используется вероятность $P(\boldsymbol{S}_j \mid \boldsymbol{D}_0, \boldsymbol{D}_1, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1})$;

– коррекция. Известна величина $\boldsymbol{D}_j$ (существенные данные) и требуется вычислить вероятность $P(\boldsymbol{S}_j | \boldsymbol{D}_0, \boldsymbol{D}_1, \ldots, \boldsymbol{D}_j)$.

При решении подобных задач опираются на ряд допущений. Так, например, если принять, что важно только непосредственно предшествующее состояние объекта, то структура алгоритмов сильно упрощается. Также обычно считают, что измерения зависят только от текущего состояния. При этом предполагается, что величина $\boldsymbol{D}_j$ является условно независимой от других измерений при данном значении $\boldsymbol{S}_j$:

$$P(\boldsymbol{D}_0, \boldsymbol{D}_1, \ldots, \boldsymbol{D}_k | \boldsymbol{S}_j) = P(\boldsymbol{D}_j | \mathbf{S}_j)\, P(\boldsymbol{D}_j, \ldots, \boldsymbol{D}_k | \boldsymbol{S}_j).$$

Плохо изученным вопросом является установление информативности результатов измерений $\boldsymbol{D}_j$. Определение того, какие данные являются информативными, связано с понятием ассоциации данных. Обычно при решении задач данного типа требуется отобразить набор измерений в набор траекторий движущихся объектов. Рассмотрим частный случай, когда наблюдается только один движущийся объект. Проблема состоит в том, что информативными являются лишь некоторые пиксели изображения и нужно определить именно эти пиксели. Можно представить два метода решения данной задачи – учет ближайших соседей и вероятностная ассоциация данных.

В простейшем случае движущийся объект является одним сегментом на изображении, не изменяющим свою форму и геометрические размеры (самолет, ракета), а фон со временем может меняться. Здесь возможны следующие ошибки: может появиться сегмент фона, который идентичен сегменту объекта, или сегмент фона, который не соответствует динамической модели. Тогда целесообразно выбирать сегмент с наибольшим значением величины $\boldsymbol{D}_j$:

$$P\left(\boldsymbol{D}_j = \boldsymbol{D}_j^r \middle| \boldsymbol{D}_0, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1}\right) =$$
$$= \int_W P\left(\boldsymbol{D}_j = \boldsymbol{D}_j^r \middle| \boldsymbol{S}_j, \boldsymbol{D}_0, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1}\right) P\left(\boldsymbol{S}_j \middle| \boldsymbol{D}_0, \ldots, \boldsymbol{D}_{j-1}\right) d\,\boldsymbol{S}_j,$$

где $\boldsymbol{D}_j^r$ – r-й сегмент получения измерения; W – сегмент интегрирования. Эту величину можно вычислить с помощью фильтра Кальмана [1]. Данная стратегия является относительно устойчивой в зависимости от точности динамической модели. Если удастся подобрать точную динамическую модель, то случайные неверные выводы по отдельным кадрам видеопоследовательности не создадут существенных проблем. При этом если используются только измерения, не противоречащие предсказаниям, то это может оказаться положительным фактором (при сопровождении объекта не используются данные по измерениям) или отрицательным фактором (могут отслеживаться несущественные объекты). Если динамическая модель дает слабые предсказания, т. е. ошибки накапливаются, то при длительном отслеживании точка будет неуклонно удаляться от истинной траектории.

Метод вероятностной ассоциации данных основан на том, что сегменты, сильно отличающиеся от искомого сегмента, исключаются из рассмотрения, а оставшимся сегментам назначаются весовые коэффициенты, отражающие степень их сходства с предсказанным сегментом. Первый этап называется селекцией, где исключаются измерения, величина которых превышает среднеквадратичное отклонение в три раза. Более гибкие стратегии требуют, чтобы сопровождаемый объект имел несколько динамических схем поведения, при этом используется банк из нескольких селективных фильтров и учитываются все измерения, полученные на выходе фильтра, пропустившего хотя бы одно измерение. Второй этап называется вероятностной ассоциацией данных. Предположим, что фильтр имеет набор из N сегментов, каждый из которых порождает вектор измерений $\boldsymbol{D}_j^k$, где область указывает верхний индекс. Требуется обработать набор возможных гипотез:

– ни один сегмент не порожден объектом (гипотеза h_0),

– сегмент k порожден объектом (гипотеза h_k).

Алгоритм упрощается, если заранее известны характеристики сегмента, отображающего объект. Вероятностная ассоциация данных выполняется совместно с фильтром Кальмана.

А теперь рассмотрим методы сопровождения объектов в рамках параметрического подхода (см. таблицу). Эти методы представлены в таблице по мере усложнения характеристик отслеживания.

Простые сопоставительные методы основаны на том, что за время, проходящее между двумя последовательными кадрами, сцена стационарна и местоположения объектов изменяются незначительно. Тогда в окрестности любой точки кадра такое изменение можно заменить параллельным переносом этой окрестности на некоторый вектор с достаточно высокой степенью точности. На самом деле подавляющее большинство обычных видеопоследовательностей удовлетворяют этому ограничению, за исключением участков резкой смены сцены, т. е. характер движения объектов в видеопоследовательности можно считать почти непрерывным. Сущность данной группы методов состоит в том, что выбирается некий регион на текущем кадре и ищется похожий регион на следующем кадре. Если расположение найденной области отличается от искомой области, то считается, что движение было, и строится вектор движения. Для принятия решения о соответствии регионов требуется минимизировать функцию ошибки, в качестве которой можно использовать функцию суммы абсолютных разностей (*Sum of Absolute Differences*, SAD) или функцию суммы квадратов разностей (*Sum of Squared Differences*, SSD).

Наилучшее качество, т. е. минимальную ошибку похожести, может гарантировать метод полного перебора всех возможных значений векторов движения из допустимой области. Однако его практическое применение не представляется реальным из-за большой вычислительной сложности. Существуют способы ускорения полного перебора, позволяющие значительно сократить число операций за счет оптимизации вычисления самой функции ошибки или за счет вычисления некоторых оценок сверху для этой функции. Однако количество операций на один пиксель кадра по-прежнему остается слишком большим для работы алгоритма в реальном режиме времени.

Существуют и другие, более быстрые методы поиска, например метод перебора по шаблону. Предположим, что функция $\mathrm{SAD}(\boldsymbol{d}(u, v), t_j)$ строго монотонно сходится к своему минимуму в области $-W_x < u < + W_x$, $-W_y << v < + W_y$. Тогда этот минимум можно локализовать проверкой

всего нескольких точек в данной области. Минимальное число проверок обеспечивает ортогональный шаблон, состоящий из двух проверок и сокращающий за каждый шаг область поиска вдвое. Но поскольку функция ошибки почти никогда не бывает монотонной и обычно имеет множество локальных экстремумов, затрудняющих поиск глобального экстремума, то зачастую целесообразно использовать другие шаблоны (например, прямоугольный и 8-точечный шаблоны). Метод, основанный на шаблонах, демонстрирует неплохую скорость работы, однако часто находит локальный минимум вместо глобального минимума. В качестве его преимущества можно отметить то, что поиск вектора движения для каждого отдельного блока не зависит от результатов поиска в соседних блоках и в предыдущем кадре, что делает этот метод более эффективным при исследовании очень интенсивного и сложного движения по сравнению с рекурсивным методом.

В рекурсивном методе проверяемое подмножество области поиска формируется для каждого блока отдельно на основе результатов поиска для соседних, уже обработанных блоков и блоков предыдущего кадра. Основная идея этого метода состоит в том, чтобы использовать гладкость поля векторов движения для сокращения времени поиска. В большинстве случаев для нахождения глобального минимума во всей области поиска бывает достаточно проверить векторы смещения для нескольких соседних блоков и уточнить их в небольшой окрестности. Рекурсивный метод является самым быстродействующим из сопоставительных методов, показывает неплохие результаты при слабом движении, однако в большинстве случаев накладываемое им ограничение на гладкость поля векторов оказывается слишком сильным. Улучшенный трехмерный рекурсивный метод использует больше проверок при уточнении предсказанного вектора.

Отметим еще один метод – блочный, в котором поиск движения для каждого блока производится независимо от соседних блоков. Поскольку поле векторов над одним объектом должно быть достаточно гладким и не содержать случайных выбросов, то каждому блоку необходимо

Классификация методов поиска движения в видеопоследовательностях

Подход	Название	Краткая характеристика
Статистический	Корреляционные методы	Используются для измерения координат движущихся и неподвижных объектов, наблюдаемых на однородном и неоднородном фоне, при малых отношениях сигнал–шум. Являются помехоустойчивыми, но обладают высокой вычислительной сложностью, неустойчивостью к геометрическим изменениям изображений объектов, требуют большого объема априорной информации об объекте наблюдения
	Методы статистической сегментации	Предназначены для выделения движущихся и неподвижных объектов, наблюдаемых на относительно однородном фоне. Основаны на априорной информации о статистических свойствах объекта и фона. Вычислительная сложность методов невысока, имеется относительная устойчивость к геометрическим изменениям объектов, однако низка эффективность при наблюдении объектов на неоднородном фоне
	Методы пространственной фильтрации	Эффективны при нахождении движущихся и неподвижных объектов на однородном фоне при малых отношениях сигнал–шум. Невысокие требования к объему априорной информации, но требуется различие в свойствах пространственной структуры объекта и фона. Вычислительная сложность меньше, чем у корреляционных методов, но больше, чем у статистических.
	Методы пространственно-временной фильтрации	Ориентированы на нахождение движущихся объектов, наблюдаемых на однородном и неоднородном фоне. Успешно функционируют при наличии сложной и неоднородной наблюдаемой сцены, однако чувствительны к геометрическим искажениям наблюдаемой последовательности кадров
Параметрический	Сопоставительные методы	Определяют движение на фоне любой сложности. Усовершенствованные сопоставительные методы являются быстродействующими, однако демонстрируют приблизительные результаты. Не требуют априорной информации об объектах
	Методы отслеживания краевых точек	Эффективны при нахождении движущихся и неподвижных объектов на однородном фоне. Целесообразны для отслеживания плавных границ объектов на изображении. Не устойчивы к помехам на изображении, сильно зависят от освещенности (теней, бликов). Не требуют априорной информации об объектах
	Методы слежения за точечными особенностями	Предназначены для выделения движущихся и неподвижных объектов, наблюдаемых на сложном фоне. Характеризуются большей вычислительной сложностью по сравнению с методами отслеживания краевых точек, но обладают большей помехоустойчивостью. Не требуют априорной информации об объектах
	Анализ движения с использованием графов	Используются для нахождения движущихся и неподвижных объектов, наблюдаемых на сложном фоне. Обладают высокой помехоустойчивостью, однако характеризуются большой вычислительной сложностью. Не требуют априорной информации об объектах

приписать номер объекта, к которому он относится, на основании оценки суммарной ошибки компенсации. Процесс сегментации может происходить независимо от процесса поиска параметров движения или определяться в рамках единого процесса, повторяющегося итеративно. В первом случае основанием для сегментации обычно служит информация о яркости, во втором случае сегментация производится с учетом найденных параметров движения, которые затем уточняются. Иногда сегментация кадра на объекты применяется после определения векторов смещения для отдельных блоков с целью коррекции найденного векторного поля. Данный подход является одним из наиболее перспективных, хотя в настоящее время он имеет достаточно высокую вычислительную сложность. Потенциально это наиболее точный и устойчивый к шуму метод (при правильно выполненной сегментации).

Методы определения краев базируются в основном на градиентных методах. Однако оценки частных производных в местах резкого изменения границ, полученные этим методом, как правило, оказываются неверными. Для учета локальных статистических описаний изображения разработаны специальные краевые детекторы.

Изображения условно можно разделить на четыре типа: гладкое изображение (значение яркости пикселей практически одинаково); ступенчатое изображение (резкие изменения яркости вдоль некоторого направления); анизотропная текстура; изотропная текстура. Поведение градиента для указанных типов различно. Так, в окрестностях гладкого типа модуль вектора градиента имеет низкое значение, в ступенчатом изображении присутствует небольшое количество векторов с большим значением модуля, направленных в одну сторону; анизотропная текстура характеризуется множеством векторов градиента в двух направлениях; изотропная текстура имеет разнонаправленные векторы градиентов.

Хорошо описывает поведение градиента в пределах окрестности краевой точки матрица вида

$$H = \sum_{W} \left\{ (\nabla I)(\nabla I)^{T} \right\} \approx$$

$$\approx \sum_{W} \begin{Bmatrix} \left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial x} **I\right)\left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial x} **I\right) & \left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial x} **I\right)\left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial y} **I\right) \\ \left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial x} **I\right)\left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial y} **I\right) & \left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial y} **I\right)\left(\frac{\partial G_\sigma}{\partial y} **I\right) \end{Bmatrix},$$

где I – яркость пикселя; $\partial G_s / \partial x$ – значение гауссиана по направлению x; $\partial G_s / \partial y$ – значение гауссиана по направлению y; W – окрестность краевой точки. В окрестности с гладкой структурой оба собственных значения этой матрицы малы, поскольку малы все элементы. В окне со ступенчатой структурой можно ожидать, что одно собственное значение, связанное с градиентами края, будет большим, а другое – малым. Анизотропная текстура дает аналогичные собственные значения, но собственное значение, связанное с градиентами края, будет еще больше. Наконец, для изотропной текстуры оба собственных значения будут большими.

Методы слежения за точечными особенностями, или особыми точками, являются расширением методов определения краев. Эти методы используют слежение за особыми точками, т. е. такими точками сцены, изображение которых можно отличить от изображений всех соседних с ними точек сцены, для определения траектории исследуемых объектов, вычисления структуры наблюдаемой динамической сцены, выделения отдельных движений и движущихся объектов. Если в сцене отслеживается большое количество особых точек, то может быть построена грубая трехмерная модель всей сцены. Для сравнения и описания точек используется не сама точка, а ее 8-связная окрестность. Точечная особенность изображения m – это такая точка изображения, окрестность $\boldsymbol{O}_i(m)$ которой можно отличить от окрестности любой другой точки изображения $\boldsymbol{O}(n)$ в некоторой другой окрестности особой точки $\boldsymbol{O}_k(m)$. Отметим, что между особенностями сцены и особенностями изображения есть соответствие: точечной особенности сцены должна соответствовать точечная особенность изображения. Большинство детекторов точечных особенностей вычисляют некоторую функцию от окрестности точки и анализируют локальные максимумы. Существует целый набор функций, которые можно использовать для обнаружения точечных особенностей. Обычно для отслеживания точек сцены применяются функции, находящие в изображении структуры, похожие на угол. Детекторы, использующие такие функции, называются детекторами углов. Именно они чаще всего участвуют в решении задач отслеживания точечных особенностей. Постановка этой задачи приведена в [2].

Рассмотрим, как решается задача обнаружения движения в видеопоследовательностях в технических системах. Так, задача локализации лица по изображениям имеет множество приложений в таких областях, как биометрия, содержательный поиск изображений, компрессия видеоданных, организация видеоконференций, системы машинного зрения в робототехнике, интеллектуальные системы безопасности и контроля доступа и т. п. Лицо человека – это динамический объект, имеющий высокую степень изменяемости во внешнем виде, например по форме и цвету кожи, а такие факторы, как эмоциональное состояние человека, условия освещения и ракурс видеосъемки, делают проблему локализации лица сложной задачей машинного зрения.

Программная система локализации лиц состоит из двух основных модулей: модуля нахождения регионов, содержащих изображения лиц, и модуля определения антропометрических точек лица (нахождения положений глаз, губ, выделения границ лица). Модуль нахождения регионов выполняет следующие функции: определение движения (анализ разности между кадрами видеоизображения с определением произошедших изменений); выделение региона движения, в котором будет производиться поиск лиц; изменение цветового пространства (переход от пространства RGB к пространству YCrCb, в котором будет проводиться цветовая сегментация кожи); сегментация кожи (выделение регионов кожи с использованием модели распределения цвета кожи в пространстве YCrCb); анализ полученных регионов (сокращение числа регионов-кандидатов, возможно содержащих лица); постобработка (устранение шумов, сглаживание изображения, выделение границ). При построении систем локализации лиц в реальном режиме времени первым шагом

работы алгоритма обычно является определение движения в кадре, что позволяет уменьшить регион поиска лиц.

Известен ряд метрических пространств для определения разности между кадрами. Так, значением метрики Delta является усредненная разность значений цветовых компонент в соответствующих точках сравниваемых изображений:

$$\text{Delta} = \sum_{i=1,j=1}^{n,n} \frac{\left(X_{i,j} - Y_{i,j}\right)}{n^2},$$

где $X_{i,j}$, $Y_{i,j}$ – яркости пикселей в сравниваемых кадрах.

Значением метрики MSE является квадратичная усредненная разность значений цветовых компонент в соответствующих точках сравниваемых изображений:

$$\text{MSE} = \sum_{i=1,j=1}^{n,n} \frac{\left(X_{i,j} - Y_{i,j}\right)^2}{n^2}.$$

Наиболее целесообразным, как показали эксперименты, является использование метрики MSAD, которая представляет собой усредненную абсолютную разность яркостей пикселей в двух сравниваемых кадрах:

$$\text{MSAD}(x, y) = \sum_{i=1,j=1}^{n,n} \frac{\left|X_{i,j} - Y_{i,j}\right|}{n^2}.$$

Полученное значение сравнивается с некоторым пороговым значением, устанавливаемым экспериментально в зависимости от условий съемки, после чего оценивается, произошло ли в кадре движение.

Одним из наиболее активных направлений анализа видеопоследовательностей является применение методов теории графов. Общая идея этих методов заключается в представлении изображения в виде взвешенного графа. Граф сцены строится из набора областей, полученных в процессе сегментации, при этом узлы ассоциируются с областями, а ребра хранят информацию о расстоянии между ними, вычисленном по некоторой метрике.

Существует несколько критериев оценки похожести точек, например по координатам пикселей, яркости, цвету, текстуре. Обычно для определения принадлежности точки к области используется евклидово расстояние, оценивающее удаленность точек друг от друга или разницу их яркостей. Каждый узел графа несет в себе пространственную информацию, а ребра отражают временную информацию.

Отслеживание перемещений каждого объекта выполняется методом поиска минимального пути по графу. Помимо этого, ребра графа имеют веса, учитывающие информацию о скорости движения, типе движения, цветности областей и т. д.

Начальным этапом построения графа сцены является сегментация изображения кадра методом вычитания фона или кластеризацией пикселей по яркости.

Простой метод вычитания фона основан на поиске различий между наборами изображений и опорного (начального) кадра. Он применяется для анализа простых сцен с небольшим количеством объектов и незначительными изменениями освещения.

В более сложных случаях, например при внезапных изменениях освещения фона, необходимо применять более сложные методы, анализирующие последовательность кадров. Такими методами являются методы выделения точечных особенностей при помощи угловых детекторов и объединение схожих особенностей в области по выбранной метрике.

Граф динамической сцены строится во временном пространстве. Вначале области группируются по принципу поиска нового ненаправленного определенного графа в кадрах t и $(t + 1)$. Для каждого нового поиска на графе определяется новая группа в некоторой области изображения. Каждый посещенный узел принимает определенный номер группы. Узел содержит информацию о площади области и количестве объектов в ней. При анализе последовательных кадров строится граф, который отображает процессы разделения и слияния областей, содержащих изменяемое количество объектов.

Использование метода построения графа для анализа кадров видеопоследовательности позволяет отслеживать движение объектов и при обратном воспроизведении видеопоследовательности.

Иногда возникает задача реконструкции старых кинопленок или удаления из видеопоследовательностей некоторых объектов.

При реконструкции компактных геометрических структур можно отметить два принципиально разных способа – реконструкцию областей при условии неподвижного изображения фона и восстановление областей при наличии подвижного фона. Первый способ является более исследованным и включает методы наращивания пикселей на основе статистического анализа близлежащей окрестности, сегментации кадра на однородные в статистическом смысле регионы и заполнения отсутствующих пикселей текстурой региона, а также заполнение выявленного потерянного пространства информацией из последующего кадра. В рамках второго способа представляет интерес метод разделения движущихся объектов на множество слоев, который позволяет удалять неподвижные объекты переднего плана [3].

Однако самым надежным, хотя и ресурсоемким способом является сегментация и отслеживание движения объектов в видеопоследовательности, например по угловым точкам. При попадании движущихся объектов под область повреждения она заполняется информацией об объекте, в противном случае считается принадлежащей фону. Вначале находится множество признаков фона и объекта (например, по методу выделения угловых точек). После накопления достаточного количества признаков отслеживается их движение от кадра к кадру. Для этого используется скользящее окно размером 7×7 элементов для определения соответствующего фрагмента изображения объекта следующего кадра и дополнительное окно 3×3 элемента для уточнения угловой точки следующего кадра. При этом накапливается только достоверная информация. Поскольку изменения, происходившие в каждом кадре, известны, то можно заполнить область повреждения данными с некоторого кадра.

Таким образом, авторами представлена общая концепция информационной технологии в виде трех уровней обработки информации и принятия решений. Важным начальным звеном, общим для всего многообразия алгоритмов видеонаблюдения, является поиск движения

в текущем кадре на основе анализа предыдущих кадров видеопоследовательности. Предложена классификация таких методов в виде двух основных подходов – статистического и параметрического. Проведен сравнительный анализ методов, используемых в рамках обоих подходов. Кратко изложены способы поиска движения при локализации лиц людей в видеопоследовательностях, в задачах видеонаблюдения объектов, а также при реконструкции отдельных сцен видеопоследовательности.

Библиографический список

1. Welch, G. An Introduction to the Kalman Filter / G. Welch, G. Bishop // UNC-Chapel Hill. TR 95-041. 2006. 24 July. P. 1–16.

2. Фаворская, М. Н. Алгоритмы реализации оценки движения в системах видеонаблюдения / М. Н. Фаворская, А. С. Шилов // Системы управления и информационные технологии. Перспективные исследования : науч.-техн. журн. Воронеж, 2008. № 3.3 (33). С. 408–412.

3. Zhang, Y. Moving Layer Based Object Removal in Video / Y. Zhang, J. Xiao, M. Shah // IEEE Workshop on Application on Computer Vision. Breckenridge, Colorado. 2005. P. 437–442.

M. N. Favorskaya, A. I. Pakhirka, A. S. Shilov, M.V. Damov

THE RENDERING METHODS IN VIDEO SEQUENCES

The general conception of video surveillance technology is presented. The classification of rendering methods in video sequences is developed. The rendering algorithms of face localization in video sequences, in video surveillance tasks, also during reconstruction of separate scenes in video sequences are analyzed.

Keywords: rendering methods, video sequence, statistical functions.

УДК 519.216

М. Ю. Царев, Р. Ю. Царев, С. Ф. Шевчук

МОДИФИКАЦИЯ GERT-СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Представлена математическая модель стохастической GERT-сети, в которой условие необходимости для задания значений вероятностей выполнения переходов заменено условием вычислимости этих вероятностей после активации начального узла дуги. Реализована возможность введения дополнительных параметров узлов. Также рассмотрены ограничения, необходимые для того, чтобы сеть могла быть рассчитана на ЭВМ.

Ключевые слова: сетевой анализ, кластер, время реализации.

Стохастические GERT-сети [1] достаточно хорошо зарекомендовали себя в задачах оценки времени выполнения операции при последовательной обработке данных. Например, их применяют при оценке времени переработки сырья в производстве полупроводников, в производстве электроники и ремонте автономного управления электровоза [2; 3]. GERT-сети также позволяют получить качественно новые результаты при оценке времени выполнения распараллеленной задачи на неспециализированном вычислительном кластере Condor [4; 5].

GERT-сети требуют выполнения условия марковости для вероятностей перехода по дугам (вероятность начала выполнения работы). Кроме того, эти сети не позволяют вводить дополнительные параметры для узлов (состояний) и дуг (работ), что, например, возможно для сетей Петри без условия марковости переходов [6; 7]. Эти требования существенно ограничивают применимость данного метода моделирования. В частности, при помощи стандартных GERT-сетей не может быть разрешена задача оценки вероятности выполнения образовательного процесса в информационно-образовательном кластере с ограничением на максимальное время реализации процесса.

Результатом работы по устранению описанных выше ограничений GERT-сетей стала математическая модель модифицированной GERT-сети (далее – MGERT-сеть), а также разработка программного модуля, реализующего данную модель.

Обозначения и термины, используемые в данной статье, соответствуют нотации К. Ноймана [1].

Математическая модель MGERT-сети. Рассмотрим граф $G(N, A)$, где N – множество узлов сети G, A – множество дуг сети G. Все дуги множества A – ориентированные. Узлы сети пронумерованы.

Примем соглашение: будем считать, что между двумя узлами может быть не более одной дуги в каждом направлении. Тогда каждая дуга $a \in A$ может быть однозначно задана парой узлов с номерами i, j, где i – начальный узел; j – конечный узел. Обозначим дугу a как $<i, j>$.

В нашей сети *узлы* – это состояния проекта, а *дуги* – это работы, изменяющие состояние (модель сети – дуга-работа).

Выполнением сети будем называть процесс выполнения случайного эксперимента, а как реализацией сети – итог данного случайного эксперимента.

Пространство случайных выборок W является множеством всех возможных реализаций случайного эксперимента, возникающих при выполнении сети. Выполнение сети происходит путем активации узлов, т. е. возникновения случайных событий «Узел *i* активирован».

Дуга называется *выполненной*, если узел, являющийся ее началом, активирован.

Каждый активированный узел обладает набором параметров. Обязательным является только один параметр – вероятность активации узла ip_i. Как правило, определяется еще один параметр – функция распределения времени выполнения сети в момент активации узла F_i.

Каждой дуге сопоставлены функции, изменяющие параметры активированного узла в процессе выполнения работы, соответствующей данной дуге. Таким образом, каждой дуге сопоставлена вычисленная после активации начального узла дуги функция p_{ij} – условная вероятность выполнения дуги $<i, j>$ при условии активации узла i.

Каждый узел GERT-сети имеет входную и выходную функцию активации (рис. 1).

Входные функции бывают следующих видов:

– AND-функция (узел выполняется, если выполнены все дуги, входящие в него);

– IOR-функция (узел выполняется, если выполнена любая дуга, входящая в него);

– EOR-функция (узел выполняется, если выполнена любая дуга, входящая в него при условии, что в данный момент времени может выполняться только одна дуга).

В свою очередь выходные функции могут быть детерминированными (все дуги, выходящие из узла, выполняются, если этот узел выполнен) и стохастическими (только одна дуга, выходящая из узла, выполняется с заданной вероятностью, если узел выполнен).

Активация узла происходит, если его входная функция выполнена. После выполнения выходной функции активированного узла он становится неактивным.

Активация узла означает, что проект перешел в некоторое состояние и определяет множество возможных дальнейших работ.

Одна или несколько работ (дуг) начинают свое выполнение сразу после активации узла, являющегося их началом.

Определение: будем называть сеть $G(N, A)$ MGERT-сетью, если выполняются следующие условия:

1) она представлена ориентированной связанной сетью;

2) сеть обладает, по крайней мере, одним источником и одним стоком;

3) каждый узел из N достижим, по крайней мере, из одного источника и из каждого узла достижим, по крайней мере, один сток;

4) заданы типы входящих и выходящих функций узлов;

5) задано начальное распределение вероятности выполнения источников q_{sub}, где sub $\subseteq R$;

6) в течение каждого выполнения проекта для каждого стока активируется не более одного источника, из которого этот сток достижим;

7) задан набор параметров, которыми обладает каждый активированный узел (по крайней мере, вероятность активации);

8) для каждой дуги указаны функции преобразования параметров активированного узла;

9) хотя бы один источник активируется в момент времени 0 (если параметр, отвечающий за время, определен).

Условие 6 накладывает ограничение на начальное распределение вероятности выполнения источников и позволяет трансформировать сеть в эквивалентную MGERT-сеть с единственным источником [1]. Таким образом, мы можем рассматривать только MGERT-сети с одним источником (рис. 2).

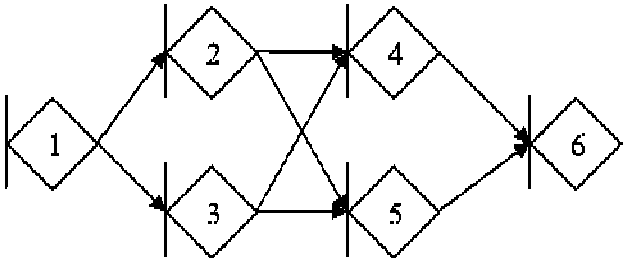


Рис. 2. Пример стохастической MGERT-сети, состоящей из шести элементов

Обозначим Pred($<i,j>$, $<k, l>$) – множество узлов, являющихся ближайшим общим предком для дуг $<i, j>$, $<k, l>$. Так, на рис. 2, Pred(<4, 6>, <5, 6>) = {2, 3}.

Аналогично введем Succ($<i, j>$, $<k, l>$) – множество узлов, являющихся ближайшим общим потомком для дуг $<i,j>$, $<k, l>$. Так, на рис. 2, Succ(<1, 2>, <1, 3>) = {4, 5}.

Из определения EOR-входной функции узла следует, что для любых двух дуг $<j, i>$, $<k, i>$, входящих в узел i с EOR-входом, все узлы из Pred($<j, i>$, $<k, i>$) имеют стохастический выход. В противном случае вероятность того, что более одной дуги будет выполнено одновременно, не равна нулю, что противоречит определению EOR-входной функции.

Из определения IOR- или AND-входной функции узла следует, что для любых двух дуг $<j, i>$, $<k, i>$, входящих в узел i с IOR- или AND-входом, все узлы из Pred($<j, i>$, $<k, i>$) имеют детерминированный выход. В противном случае вероятность того, что более одной дуги будет выполнено одновременно, равна нулю, и узел не будет активирован ни разу. В дальнейшем мы будем требовать единственность такого узла. Обозначим его через l и будем говорить, что узел i имеет стохастическое начало в узле l.

Дуга, выходящая из узла i с детерминированным выходом, может не иметь ближайших общих потомков с остальными дугами, выходящими из i. В таком случае

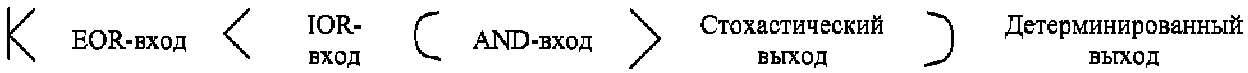


Рис. 1. Обозначения входов и выходов узлов GERT-сети

порождаемый ею путь не зависит от всех остальных путей, порожденных другими дугами, выходящими из *i*, и имеет свой сток.

Так как выполнение сети идет дискретно, т. е. следующий узел активируется только после выполнения условия его входной функции, то каждая конкретная реализация сети представляет собой ориентированный граф истории активаций узлов, который мы будем называть *графом реализации*. Если в MGERT-сети нет ни одного IOR- или AND-узла, то граф реализации будет цепью. Например, множеством всех графов реализации сети (см. рис. 2) будут четыре цепи (рис. 3).

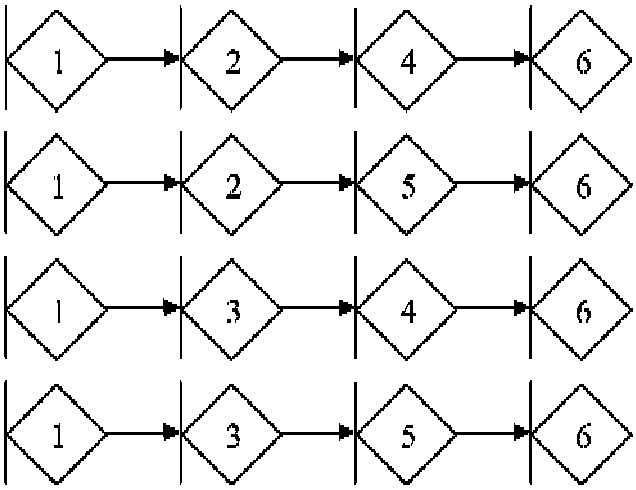


Рис. 3. Множество реализаций сети, изображенной на рис. 2

Множество всех реализаций сети, изображенной на рис. 4, состоит из графа и цепи (рис. 5).

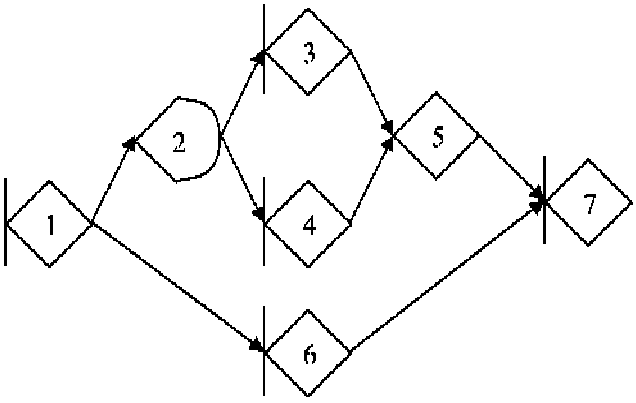


Рис. 4. Пример стохастической MGERT-сети, состоящей из семи элементов

Если сеть содержит циклы, то множество всех ее возможных реализаций бесконечно. Однако многие реализации оказывают несущественное влияние на конечный результат, т. е. вероятность выполнения стока близка к нулю. Поэтому введем дополнительные ограничения на граф реализации:

а) общие ограничения (обязательные):

– реализация сети является допустимой, если в процессе выполнения каждый из активированных узлов сети активируется не более чем $\max A \geq 1$ раз;

– реализация сети является допустимой, если в процессе выполнения каждый из активированных узлов сети активируется с вероятностью больше $\max P > 0$;

б) ограничения для каждого из узлов (они могут не использоваться, но если указаны, то отменяют действие общих обязательных ограничений):

– реализация сети является допустимой, если в процессе выполнения узел *i* активируется не более чем $\max A_i \geq 1$ раз;

– реализация сети является допустимой, если в процессе выполнения узел *i* активируется с вероятностью больше $\max P_i > 0$.

в) ограничения на циклы (обязательные):

– если в узел *i* циклической структуры *C* входит более одной дуги и хотя бы одна дуга не принадлежит циклу *C*, то узел *i* имеет EOR-вход;

– если из узла *i* циклической структуры *C* выходит более одной дуги и хотя бы одна дуга не принадлежит циклу *C*, то узел *i* имеет стохастический выход;

– если узел *i* с IOR- или AND-входом принадлежит циклу, то узел *j*, являющийся стохастическим началом узла *i*, принадлежит данному циклу.

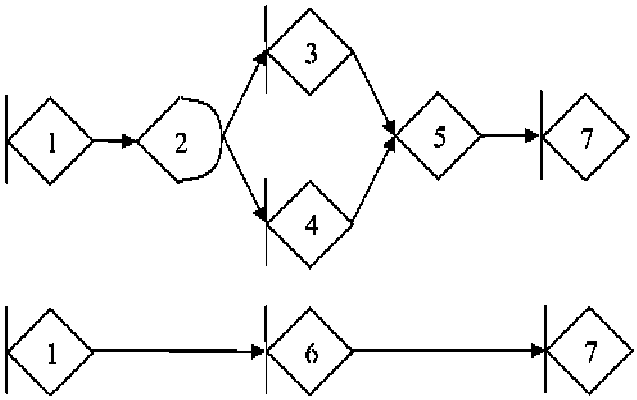


Рис. 5. Множество реализаций сети, изображенной на рис. 4

Таким образом, для любой сети с учетом хотя бы общего ограничения количество реализаций конечно. Заметим, что данные ограничения на циклы не запрещают циклы без входа (они не попадут ни в одну реализацию сети) и без выхода (реализации с такими циклами будут отброшены как недопустимые).

Если выполняются указанные выше условия, то сеть имеет конечное число реализаций, следовательно она может быть вычислена с использованием ЭВМ.

MGERT-сеть с параметром «Функция распределения времени выполнения сети». Введем параметр $F(t)$ – функцию распределения времени выполнения сети. Тогда каждой дуге сети должна быть сопоставлена функция $F_{ij}(t)$ условной вероятности распределения времени выполнения работы, соответствующей данной дуге.

Введем следующие обозначения:

– p_i – вероятность активации узла *i*;

– p_{ij} – функция условной вероятности активации узла *j* при условии активации узла *i*, $p_{ij} = 1$, если узел *i* имеет детерминированный выход;

– $p_{ijн}$ – вероятность выполнения начала цепи i при условии, что узел, из которого она входит, будет активирован;

– $p_{ijк}$ – вероятность выполнения конца цепи i при условии, что узел, в который она входит, будет активирован;

– $F_i(t)$ – функция распределения времени выполнения узла i в момент его активации;

– $F_{ij}(t)$ – функция условной вероятности распределения времени выполнения работы;

– $F_{ijн}(t)$ – функция распределения времени выполнения t_i в начале цепи i при условии, что узел, из которого она входит, будет активирован;

– $F_{ijк}(t)$ – функция распределения времени выполнения t_i на конце цепи i при условии, что узел, в который она входит, будет активирован.

Рассмотрим изменение параметров p и $F(t)$:

– выполнение дуги <i,j>:

$$p_{ijк} = p_{ijн} \cdot p_{ij},$$

$$F_{ijк}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_{ijн}(s) \cdot F_{ij}'(t-s)ds = F_{ijн} \oplus F_{ij}.$$

Если считать, что случайная величина $t > 0$, то пределы интегрирования можно заменить на 0 и t соответственно;

– формулы расчета для EOR-входа:

$$p_j = p_{ijк},$$

$$F_j(t) = F_{ijк}(t);$$

– формулы расчета для AND-входа:

$$p_j = p_{12к} \cdot p_{34к} \cdot \ldots \cdot p_{(2N-1)(2N)к} / p_i^{N-1},$$

$$F_j(t) = \max(t_{12к}, t_{34к}, ..., t_{(2N-1)(2N)к}) = F_{12к}(t) \cdot F_{34к}(t) \cdot \ldots \cdot F_{(2N-1)(2N)к}(t).$$

– формулы расчета для IOR-входа:

$$p_j = p_i \cdot (1-(1-p_{12к}) \cdot (1-p_{34к}) \cdot \ldots \cdot (1-p_{(2N-1)(2N)к})),$$

$$F_j(t) = \min(t_{12к}, t_{34к}, ..., t_{(2N-1)(2N)к}) = 1-(1-F_{12к}(t)) \cdot (1-F_{34к}(t)) \cdot \ldots \cdot (1-F_{(2N-1)(2N)к}(t)).$$

Формулы, приведенные выше, предназначены для расчета реализации сети по ее графу реализации.

Обработка результатов. Пусть r – элемент множества реализаций со стоком i. Результатом расчета сети будут множества реализаций R_r, сгруппированные по стокам i_r. Для стока в каждой реализации будут рассчитаны следующие характеристики:

– вероятность выполнения стока i $\sum_r p_i^r$;

– вероятность выполнения стока i ко времени t в реализации r $p_i^r \cdot F_i^r(t)$;

– вероятность выполнения стока i ко времени t

$$\sum_r p_i^r \cdot F_i^r(t);$$

– математическое ожидание времени выполнения стока i

$$E(t_i) = \frac{\sum_r (p_i^r \int_{-\infty}^{\infty} t \cdot dF_i^r(t))}{\sum_r p_i^r};$$

– математическое ожидание времени выполнения всей сети

$$E(t) = \frac{\sum_i \sum_r (p_i^r \int_{-\infty}^{\infty} t \cdot dF_i^r(t))}{\sum_i p_i^r};$$

– дисперсия времени выполнения стока i

$$D(t_i) = \frac{\sum_r (p_i^r (\int_{-\infty}^{\infty} t^2 \cdot dF_i^r(t) - E(t_i))}{\sum_r p_i^r};$$

– дисперсия времени выполнения всей сети

$$D(t) = \frac{\sum_i \sum_r (p_i^r (\int_{-\infty}^{\infty} t^2 \cdot dF_i^r(t) - E(t_i)))}{\sum_i p_i^r}.$$

Таким образом, представленная в данной статье стохастическая MGERT-сеть имеет более широкую область применения, чем классическая GERT-сеть. Применение дополнительных параметров в узлах сети позволяет использовать ее не только для оценки времени выполнения сети, но и для оценки выполнимости сети в заданных рамках и при заданных отклонениях от проектных параметров.

Следует отметить и недостатки MGERT-сети по сравнению с классическими GERT-сетями:

– высокие требования к вычислительным ресурсам на сетях с большим количеством циклов;

– необходимость применения численных методов свертки и дифференцирования, что вносит некоторую погрешность в результаты вычислений.

На базе данной математической модели реализована система стохастического моделирования распределенной среды обработки информации и управления [8], которая также может быть использована в составе более крупных программных комплексов.

Библиографический список

1. Neumann, K. Stochastic Project Networks. Temporal Analysis, Scheduling and Cost Minimization. New York : Springer-Verlag, 1990.

2. 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.

3. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. М. : Мир, 1984.

4. Дегтерев, А. С. GERT-сетевой анализ времени выполнения задачи на неспециализированном гетерогенном кластере / А. С. Дегтерев, Д. М. Письман // Фундамент. исслед. 2005. № 4. С. 79–80.

5. Письман, Д. М. Модели оценки времени выполнения задачи на кластере с последовательной и параллельной архитектурой обмена данными / Д. М. Письман // Вестн. унив. комплекса : сб. науч. тр. / под общ. ред. проф. Н. В. Василенко ; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2005. Вып. 3 (17). С. 161–175.

6. German R. Non-Markovian Analysis / R. German // Tutorial at the 2001 Aachen Intern. Multiconf. on Measurement, Modelling, and Evaluation of Computer-Communication Systems. Aachen, 2001

7. German, R. Non-Markovian Analysis / R. German // Lectures on Formal Methods and Performance Analysis / Summer School on Trends in Computer Science. Heidelberg : Springer-Verlag. 2001. P. 156–182.

8. Система стохастического моделирования распределенной среды обработки информации и управления : программная система «MGNetView ver. 1.0» / А. П. Иванов, И. В. Ковалев, Р. Ю. Царев и др. М., 2008. Зарег. во Всерос. науч.-техн. информ. центре, № 50200801508, рег. № ОФАП 11028.

M. Ju. Tsarev, R. Ju. Tsarev, S. F. Shevchuk

THE GERT-NETWORK MODIFICATION FOR TEMPORAL PARAMETERS ANALYSIS OF THE NETWORK MODELS

A modified mathematic model of GERT-network is presented, where the condition of setting constant numeric value to the probability of arc changed to the condition of computability of the probability after arc initial node activation. Also the constraints for availability of computer evaluation of network are considered.

Keywords: network analysis, cluster, realization time.

УДК 621.771.2

Г. Г. Крушенко

УЛЬТРАДИСПЕРСНЫЙ АЛЮМИНИЙ – ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

Показаны преимущества ультрадисперсного порошка алюминия в качестве высокоэнергетического топлива

Ключевые слова: ультрадисперсный порошок алюминия, топливо.

Достижения каждой страны в области ракетно-технической техники являются показателем ее научно-технического, экономического и военного потенциала [1]. При этом одним из важнейшей составляющей этой техники является такой компонент, как топливо, к одному из видов которых относятся и металлы.

Идея использования в качестве горючего для двигателя космической ракеты металлов – веществ, обладающих высокой теплотворной способностью, была впервые высказана Ф. А. Цандером и Ю. В. Кондратюком [2]. Имеется информация [3], что Ф. А. Цандер еще до 1927 г. написал теоретическую работу «Применение металлического топлива в ракетных двигателях». В двигателе, где в качестве окислителя является жидкий кислород, он считал металл основным горючим, а углеводород – вспомогательным. Но осуществить эту идею при существующей в то время технологии было нереально.

Теплотворная способность и скорость истечения из сопла продуктов сгорания алюминия хотя и уступают таковым для лития и бериллия, но его содержание в земной коре и ежегодное производство несоизмеримо их превосходит, что и определяет перспективность применения алюминия (см. таблицу). Кроме того, постоянно ведутся исследования по разработке оптимальных сочетаний компонентов топлив и дисперсности алюминия, в результате которых эти показатели будут повышены.

Однако продукты сгорания металлов – частицы окислов – не являются молекулами и потому не могут обладать такими высокими молекулярными скоростями, как частицы газов. Поэтому они не могут служить источником реактивной силы. То есть в чистом виде металлы не годятся в качестве топлива для ракеты. Но если сжигать в двигателе ракеты обычное жидкое топливо, к которому примешаны частицы металла (суспензии), то теплота, развитая твердыми частицами, перейдет к газообразным продуктам горения, и температура газа вследствие этого существенно увеличится; возрастут и скорости истечения продуктов сгорания, а, следовательно, удельная тяга двигателя станет больше.

Не ставя перед собой задачу развития этого направления, в 70-х гг. XX в. сотрудник НИИ высоких напряжений Томского политехнического института Н. А. Яворовский с коллегами начал заниматься электрическим взрывом проводников при исследовании работы так называемых взрывных прерывателей [4]. Конструкция этого устройства напоминает обычный предохранитель, но через проводник пропускается такой мощный ток, что он не просто сгорает, а взрывается и обрывает ток с миллисекундной скоростью. Такие прерыватели были нужны для так называемого управляемого многоточечного подрыва головок противоракетных ракет. Расчет делался на поражение разделяющихся боеголовок противника при массированном налете: после засекания ближайшей боеголовки электронные устройства мгновенно (в течение 5 наносекунд) подключали прерыватели, те взрывались и подавали импульс на взрыватель той части головки, которая была обращена в сторону ближайшей цели, после чего на нее шел узконаправленный поток осколков. Такая противоракета могла поразить до нескольких десятков головок одновременно.

Во время проведения экспериментов с прерывателями (в изолированной камере, наполненной аргоном, электрическим импульсом взрывали алюминиевый провод) Н. А. Яворовский с сотрудниками обнаружили идеально шарообразные частицы алюминия. Их изучение с помощью электронного микроскопа показало, что они имеют размер примерно 20 нанометров. В то время за ними закрепилось название «ультрадисперсные порошки» (УДП). Последующие исследования показали их исключительно высокую химическую активность [5]. Так, если скорость горения обычного порошкообразного алюминия в пиротехнических составах составляет 10 мм в секунду, то УДП алюминия горит со скоростью150 мм в секунду.

Таблица

Горючее	Теплотворная способность смеси, кал/кг	Содержание в земной коре, % (масс)	Среднегодовое производство в период 2004–2008 гг.	Стоимость 1 кг, $
Бензин	2 350	–	–	–
H_2	3 240	1,0	2007 г. – 90 млн т.	2,3–3,9
Mg	3 600	2,76	2006 г. – 700 тыс. т	1,7
Al	3 700	5,50	2007 г. – 39 млн т	2,7*
Li	4 780	$1{,}8\times10^{-3}$	2004 г. – 15,5 тыс. т.	0,7
Be	5 430	6×10^{-4}	2006 г. – 180 т.	150

Примечание. *Цена алюминия на Лондонской бирже металлов (LME) по состоянию на 19.08.2008. (http://www.infogeo.ru/metalls/lme/); стоимость алюминия на российском рынке – 3,734 $/кг; стоимость Mg, Li и Be приведена по данным российского рынка металлов, так как на торгах LME выставляются только такие цветные металлы – Al, Cu, Pb, Ni, Sn и Zn (http://www.lme.com).

Это связано с тем, что нанопорошки, полученные с помощью электрического взрыва проводников, обладают так называемой запасенной энергией, накапливающейся в двойном электрическом слое, сформировавшемся в процессе образования наночастиц и последующем их окислении [5]. Для частиц нанопорошков, размер которых приблизительно 50 нанометров, вклад энергии поверхности в суммарную запасенную энергию составляет 2…4 кДж/моль.

Среди других достоинств ЭВП-технологии по отношению к другим физическим методам получения нанопорошков являются [6]: возможность гибкого регулирования параметров процесса и, соответственно, характеристик получаемых нанопорошков; сравнительно небольшой относительно других физических методов разброс частиц по размерам; высокая активность нанопорошков в различных химических процессах.

Явление электрического взрыва проводников (ЭВП) – это взрывообразное разрушение металлического проводника под действием мощного импульса электрического тока большой плотности (более 10^{10} А/м^2). Продуктами разрушения проводника являются пары и мельчайшие частицы металла [7].

Это явление было открыто Наирне в 1774 г. Позже Майкл Фарадей получал частицы металлов путем пропускания импульсов электрического тока при разряде конденсаторов. Явление ЭВП пытались использовать в различных целях: для моделирования ядерных взрывов, для создания мощных импульсных источников света, для запуска термоядерного синтеза и др. [5].

ЭВП осуществляется по схеме, показанной на рис. 1. Емкостной накопитель энергии С заряжается от источника энергии до напряжения U_0 и с помощью разрядника (GAP) коммутируется на взрываемый проводник (WE).

Основную информацию о процессе взрыва получают из осциллограмм тока и напряжения (рис. 2). Их анализ позволяет выявить отдельные стадии ЭВП. При замыкании цепи разрядником (GAP) ток вначале определяется волновым сопротивлением контура, так как сопротивление проводника очень мало. Поглощая энергию, проводник нагревается, плавится (небольшой скачок на осциллограмме напряжения) и дальше нагревается в жидком состоянии до момента t_1. С этого момента проводник начинает бурно расширяться по объему, теряет металлическую проводимость, его сопротивление быстро возрастает на несколько порядков, а ток в контуре уменьшается.

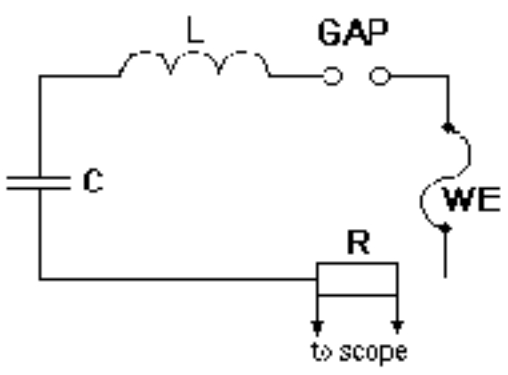


Рис. 1. Электрическая схема электрического взрыва проводников

В 1982 г. Н. А. Яворовскому на совещании Военно-промышленной комиссии было предложено создать опытно-промышленную установку для промышленного производства УДП алюминия. К концу 80-х гг. в институте изготовили уже несколько тонн УДП алюминия. При этом была развернута целая госпрограмма создания морской торпеды нового типа, работающей на УДП алюминия. Окислителем алюминиевого топлива служила забортная морская вода (в среднем соленость морской воды составляет ~3,5 %, в основном это хлорид натрия NaCl). Вступая в реакцию с водой, «горючее» превращалось в оксид алюминия Al_2O_3, а высвободившийся водород, сгорая, создавал реактивную тягу, в итоге превращаясь в обычную воду. Новые торпеды успешно прошли испытания – их скорость в четыре раза превышала скорость обычных торпед [4].

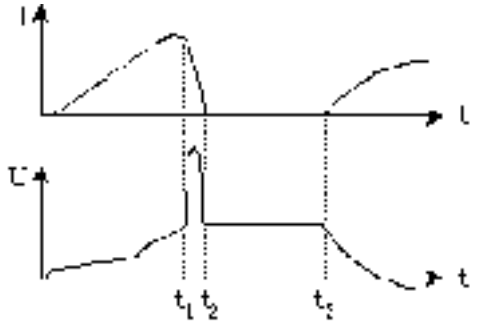


Рис. 2. Осциллограмма процесса электрического взрыва проводников

В 1989 г. комиссия ВПК приняла решение построить в Томске опытный завод по производству УДП алюминия, но по разным причинам этот проект не был реализован.

В связи с этим в результате переговоров Н. А. Яворовского с эстонской фирмой «Сервер» в 1990 г. в Томске была создана научно-внедренческая лаборатория «Элитех» («Электроимпульсные технологии»). За два с половиной года работы «Элитеха» была изготовлена целая серия машин по производству УДП алюминия, и на территории академического Томского института химии и нефти был создан производственный участок, состоящий из двадцати машин типа УДП-4.

Однако в период перестройки работы по производству УДП алюминия прекратились, в связи с чем Н. А. Яворовский ушел из института. После его ухода работы по электрозвзрывному получению порошков были продолжены под руководством А. П. Ильина и успешно продолжаются в настоящее время.

Получением и исследованиями энергетических характеристик нанопорошока алюминия занимаются и другие организации. В ряде лабораторий России, Италии, США и других стран получены положительные результаты по использованию УДП алюминия в перспективных высокоэнергетических топливах.

Так, в работе Горбатенко Т. И. [8] констатируется, что одной из основных задач при разработке перспективных высокоэнергетических материалов для бустерных ракет (бустер – первая ступень многоступенчатой ракеты, стартовый ускоритель) и ускорителей ракетных снарядов является возможность регулирования баллистических ха-

рактеристик твердых топлив и что в настоящий момент практический интерес представляют топлива со смешанным окислителем перхлорат аммония (NH_4ClO_4)/октоген $(CH_2)_4N_4(NO_2)_4$, содержащие мелкодисперсный алюминий. Проведенные авторами эксперименты показали, что скорость горения порошка алюминия с размерами частиц ~0,1 мкм при прочих равных условиях почти в два раза выше скорости горения порошка промышленного алюминия марки АСД-4, размер частиц которого составляет ~1,2 мкм (в 12 раз больше).

Однако оставалась невыясненной роль ведущего компонента в формировании скорости горения этих топлив.

В связи с этим авторы [9] выполнили исследование по изучению влияния каталитических добавок на термическое разложение и горение топлива на двойном окислителе (перхлорат аммония/октоген), содержащего 15 % УДП алюминия (средний размер частиц 0,18 мкм), полученного электровзрывом проволочек в аргоне, в сравнении с порошком микродисперсного алюминия марки АСД4 (средний размером частиц 7,34 мкм – больше в 40,7 раза) с введением ряда добавок, действующих избирательно на исходные компоненты – оксид меди Cu_2O_3, являющийся катализатором распада перхлората аммония, диоксид свинца PbO_2 – в качестве катализатора распада нитросоединений, а также хлорид олова $SnCl_2$, влияющий на процесс горения алюминия, препятствуя образованию нитрида алюминия и увеличивая выход оксида алюминия.

Анализ полученных результатов показал, что скорость горения высокоэнергетических топлив определяется при прочих равных условиях размерами частиц алюминия – в данном случае скорость горения топлива, содержащего УДП алюминия оказалась в 1,9 больше таковой для смеси, включающий алюминий АСД4.

Эти результаты подтвердились в другом исследовании [10]. Для проведения эксперимента были выбраны модельные композиции на двойном окислителе АР-НМХ, содержащие 15 % порошка алюминия АСД4 и УДП алюминия в соотношении 1:1. В качестве горючего-связующего использовался бутадиеновый каучук СКДМ-80. Измерение скорости горения производились при атмосферном давлении, а также в приборе, заполненном азотом в интервале давлений 0,1…6,0 МПа. В результате проведенных экспериментов было установлено, что скорость горения системы, содержащей УДП алюминия, существенно выше скорости горения смеси с АСД4, что объясняется значительно большей площадью контактов между частицами окислителя и частицами УДП алюминия, чем между более крупными частицами АСД4.

В последние два десятилетия научными коллективами ОКБ «ТЕМП» при Пермском ГТУ, НИИЭМ МГТУ им. Н. Э. Баумана, ГНИИХТЭОС, Тольяттинского ГУ показана возможность создания новых высокоэффективных технических устройств, использующих горение распылённых в активном газе порошков металлов, включая ракетные двигательные установки на порошкообразном топливе [11].

В качестве компонентов топлива для ракетных двигателей космических летательных аппаратов (КЛА) могут быть использованы природные ресурсы тел солнечной системы. В работах Е. Я. Шафировича и У. И. Гольдшлегера (1991) [11] при исследовании Марса предлагается использовать ракетный двигатель на металлическом горючем, транспортируемом с Земли, и окислителе – углекислом газе, добываемом из марсианской атмосферы. В соответствии с полученными в последнее время данными, на поверхности Марса присутствует существенное количество воды. Вода (в виде льда) также имеется на спутниках Юпитера, в ядрах комет и на некоторых других космических телах. Воду внеземных объектов также можно использовать в качестве окислителя для ракетного двигателя КЛА.

Проведены термодинамические расчеты топливной пары Al-H_2O. Разработана схема двигателя на порошкообразном алюминии и добываемом в Космосе окислителе. Проведены расчёты масс и дальностей перелетов для КЛА, использующего такой двигатель.

Предлагаемая двигательная установка может быть создана в ближайшем будущем. Оснащение посадочных ступеней межпланетных КЛА двигателями такого типа дает возможность увеличить объем научных исследований без существенного увеличения экономических затрат по сравнению с двигателями, всё топливо для которых транспортируется с Земли. Накопленный российскими разработчиками научный, технический и технологический опыт облегчает задачу создания ракетного двигателя на порошкообразном металлическом горючем и внеземном окислителе.

Известно [12], что в процессе горения ракетного топлива, содержащего порошкообразный алюминий, частицы порошкообразного алюминия с начальным размером 5–20 мкм в волне горения сливаются и образуют агломераты размером 100–500 мкм, вызывая ряд нежелательных эффектов. В частности, полное сгорание агломератов требует значительного времени, и они не успевают сгореть в двигателе. Кроме того, вследствие инерционности агломераты не в состоянии следовать линиям тока газа и частично оседают внутри ракетного двигателя, что влечет за собой как появление балластной массы, так и возможность повреждения элементов конструкции.

В связи с этим сотрудниками Института химической кинетики и горения СО РАН в содружестве с ФНПЦ «Алтай» выполнены детальные экспериментальные исследования агломерационных характеристик алюминизированных твердых топлив [12] и закономерностей выгорания агломератов [13]. Исследованы десятки топливных композиций, основанных на разных типах горючего-связующего и содержащих перхлорат аммония (ПХА), октоген и гексоген. Варьировали также гранулометрический состав порошкообразных компонентов. В результате была разработана методология оценки агломерационных свойств топлив. Ключевые параметры, характеризующие эти свойства, – массовая доля агломератов в конденсированных продуктах горения, характерный размер агломератов и содержание несгоревшего алюминия в агломератах.

Установлено также, что замена инертного (на основе изопренового каучука) связующего на энергетическое (на основе бутадиен-нитрильного каучука, пластифицированного диэтиленгликольдинитратом) приводит к существенному снижению агломерации.

Замена обычного микропорошкового алюминия на УДП алюминия вызывает увеличение скорости горения

и изменение всех характеристик горения, в том числе и снижение агломерации [14].

Топливо, состоящее из ПХА (окислитель), полибутадиена с гидроксильными концевыми группами (связующее) и алюминиево-магниевого сплава Al/Mg = 50/50 показало практически полное сгорание вследствие чрезвычайно низкой агломерации [15]. Отмечается, что пока что эти топлива не нашли применения в военной ракетной технике вследствие меньшей теплоты сгорания магния по сравнению с алюминием, однако в настоящее время интерес к ним возрождается в связи с применением твердотопливных ракет для космических исследований и ужесточением экологических требований.

Таким образом, установлено, что интенсивность агломерации, наряду с традиционно учитываемыми факторами (скорость горения; содержание алюминия; гранулометрический состав перхлората аммония, нитраминов, алюминия), существенно зависит от способа модификации металлического горючего, от природы связующего и от сочетания компонентов. В частности, эффект снижения агломерации при замене инертного связующего на энергетическое может исчезнуть при введении октогена. Полученная совокупность данных может служить основой для построения объективных моделей горения смесевого топлива и агломерации алюминия.

Проведены эксперименты с агломератами диаметром 400–540 мкм и 310–350 мкм и определены эмпирические зависимости полноты сгорания алюминия от времени и давления, а также определено соотношение масс оксида, аккумулированного на горящем агломерате, и дымового оксида, ушедшего во внешний поток, в зависимости от степени превращения алюминия [16]. Получен необычный результат – увеличение доли накопленного оксида при горении крупных (400–540 мкм) агломератов, вследствие чего их масса увеличивается по мере выгорания алюминия. Новая информация может быть использована для проведения расчетов горения металла в ракетном двигателе. Кроме того, соотношение масс накопленного и удаленного оксида – один из ключевых параметров для проверки теоретических моделей горения алюминиевой частицы.

Результаты сравнительных испытаний НП алюминия и промышленного микропорошка алюминия с размером частиц около 20 мкм, который широко используется для улучшения энергомассовых и баллистических характеристик высокоэнергетических конденсированных систем, в том числе ракетных топлив, показали [5], что для НП алюминия экзотермический процесс начинается ниже точки плавления алюминия, тогда как микропорошок алюминия не реагирует с кислородом, воздухом или азотом примерно до 1 000 °С. Кроме того, при сгорании в воздушной ударной трубе НП алюминия имел задержку возгорания только 3 м/с, по сравнению с задержкой в 600 м/с для алюминиевого порошка со средним диаметром частиц 3 мкм. В смесях с окислителями НП алюминия показал увеличение скорости детонации от 4 380 до 5 070 м/с, тогда как добавка крупнодисперсного порошка не оказала заметного влияния на эту характеристику. При замене микропорошка алюминия нанопорошком для ряда составов на основе роста скорости детонации составил 200–300 м/с, а также в ряде зарядов было отмечено возрастание бризантности до 27 %. Применение НП алюминия позволяет улучшить характеристики и гибридных ракетных двигателей. При добавке 10 % НП алюминия к гранулам на резиновой основе, импульс увеличивается на 70 %, а процесс горения становится более равномерным по сравнению горением гранул без этой добавки.

Библиографический список

1. Краев, М. В. Работоспособность высокооборотных агрегатов подачи энергоустановок перспективных топливных компонентов/ М. В. Краев [и др.] / Препринт № 5 ; ИВМ СО РАН. Красноярск, 2007. 36 с.

2. Цандер, Ф. А. Перелеты на другие планеты: (Теория межпланетных путешествий) / Ф. А. Цандер // Пионеры ракетной техники: Кибальчич, Циолковский, Цандер, Кондратюк: избр. тр. М. : Наука, 1964. С. 277–359.

3. Цандер, Ф. А. Из научного наследия / Ф. А. Цандер. М. : Наука, 1967. 100 с.

4. Имамутдинов, И. Зигзаг томской молнии / И. Имамутдинов // Эксперт. 25.09.2006. № 35. С. 62–67.

5. Котов, Ю. А. Исследование частиц, образующихся при электрическом взрыве проводников / Ю. А. Котов, Н. А. Яворовский // Физика и химия обработки материалов. 1978. № 4. С. 24–28.

6. Лернер, М. И. Электровзрывные нанопорошки неорганических материалов: технология производства, характеристики, области применения : автореф. дис. … д-р техн. наук / М. И. Лернер. Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-т, 2007. 31 с.

7. Бурцев, В. А. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках / В. А. Бурцев, Н. В. Калинин, А. В. Лучинский. М. : Энергоатомиздат, 1990. 288 с.

8. Горбенко, Т. И. Регулирование баллистических характеристик высокоэнергетических материалов при использовании ультрадисперсного алюминия / Т. И. Горбенко // Решетневские чтения : материалы X Междунар. научн. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2006. С. 61–62.

9. Горбенко, Т. И. Термическое поведение и горение высокоэнергетических систем на основе ультрадисперсного алюминия / Т. И. Горбенко, В. Н. Попок, Л. А. Савельева // Решетневские чтения : материалы XI Междунар. научн. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. С. 168–169.

10. Любинский, Р. Б. Горение топлив на смешанном окислителе с ультрадисперсным порошком алюминия / Р. Б. Любинский, А. В. Пестерев // Решетневские чтения : материалы XI Междунар. научн. конф. ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. С. 187–188.

11. Малинин, В. И. Перспективы применения металлических горючих в ракетных двигателях космических летательных аппаратов / В. И. Малинин, Р. В. Бульбович / / Тр. XXV Российской школы по проблемам науки технологий. М. : УРО РАН, 2005. С. 382–384.

12. Глотов, О. Г. Проблемы и перспективы изучения агломерации и эволюции агломератов методом отборов

/ О. Г. Глотов, В. Е. Зарко, В. В. Карасев // Физика горения и взрыва. 2000. Т. 36. № 1. С. 161–172.

13. Глотов, О. Г. Конденсированные продукты горения алюминизированных топлив II. Эволюция частиц при удалении от поверхности горения / О. Г. Глотов // Физика горения и взрыва. 2000. Т. 36. № 4. С. 66–78.

14. Glotov, O. G. Agglomerate and Oxide Particles Generated in Combustion of Alex Containing Solid Propellants / O. G. Glotov, V. E. Zarko, M. W. Beckstead // Proc. of 31th Int. Annual Conf. of ICT Energetic materials: Analysis, Diagnostics and Testing. Federal Republic of Germany, Karlsruhe, 2000. Report P 130. 14 pages.

15. Hori, K. Study of the combustion residues for Mg/Al solid propellant / K. Hori, O. G. Glotov, V. E. Zarko, H. Habu, A. M. M. Faisal, T. D. Fedotova // Proc. of 33th Int. Annual Conference of ICT Energetic Materials: Synthesis, Production and Application. Federal Republic of Germany, Karlsruhe, 2002. Report P 71. 14 pages.

16. Глотов, О. Г. Закономерности движения и эволюции алюминиевых агломератов в продуктах горения модельного топлива / О. Г. Глотов, В. В. Карасев, В. Е. Зарко, Т. Д. Федотова // Химическая физика процессов горения и взрыва : тр. XII симпозиума по горению и взрыву. Ч. I. Черноголовка, 2000. С. 36–37.

G. G. Krushenko

SUPERDISPERSED ALUMINUM AS HIGH-ENERGY FUEL

The advantages of superdispersed aluminum as high-energy fuel are shown.

Keywords: superdispersed aluminum, high-energy fuel.

УДК 629. 19. 22

В. Н. Саунин, С. В. Телегин, В. П. Ковалькова

КВАЗИКРИСТАЛЛЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ, СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ

Рассмотрены особенности структуры квазикристаллических материалов, дано определение квазикристалла. Приведены области применения и способы синтеза квазикристаллических структур, наиболее перспективным из которых является метод плазменного напыления.

Ключевые слова: квазикристаллы, структура, плазмотрон.

Открытие квазикристаллов [1] с икосаэдрической структурой [2] в 1984 г. опровергает некоторые устоявшиеся научные теории и воззрения, касающиеся синтеза новых материалов. Квазикристалл – высокоорганизованная твердотельная фаза, в корне отличная по своим свойствам от кристаллов, стекол и всего, что было известно ранее. Необычайные свойства квазикристаллов, их высокая механическая прочность объясняются отсутствием периодичности структуры, что приводит к замедлению распространения дислокаций по сравнению с обычными кристаллическими материалами. Благодаря уникальным сочетаниям физических свойств, квазикристаллы являются перспективными материалами в изделиях аэрокосмической, ракетной, приборостроительной и энергетической отраслях промышленности. Наиболее перспективно применять их в форме нанообъектов – в виде покрытий, ультрадисперсных наполнителей при создании композиционных материалов и ультрадисперсных модификаторов.

Получение квазикристаллов и квазикристаллических фаз сопряжено с большими скоростями перехода из жидкого или газообразного состояния в твердое. При этом скорость охлаждения при затвердевании находится в интервале температур $10^4 \ldots 10^6$ Гр/с.

К одному из наиболее перспективных направлений изготовления изделий из квазикристаллических материалов следует отнести метод плазменного напыления.

В лаборатории аморфных и нанокристаллических материалов «Вулкан» разработана полуавтоматическая установка для напыления квазикристаллических покрытий (рис. 1).

Основным элементом схемы является плазмотрон – источник плазменной струи, на который работают все системы, обеспечивающие заданные параметры напыления, такие как

$T_ч$ и $V_ч$ – температура и скорость частиц над поверхностью детали;

$T_{пс}$ и $V_{пс}$ – температура и скорость плазменной струи;

Vп – скорость передвижения пятна напыления;

Vпл – скорость перемещения плазмотрона;

Vд – скорость перемещения поверхности детали относительно плазмотрона;

Тп – температура покрытия.

Основные параметры напыления определяются конструктивными особенностями плазмотрона, системой охлаждения покрытия, атмосферой камеры и зависят от выходных значений вспомогательных систем: Wп – мощности, подводимой к плазмотрону; G пог – расхода плаз-

мообразующего газа; Gп – расхода порошка; Gтг – расхода транспортирующего газа.

Стабильность значений вспомогательных систем, контроль параметров, управление блоками и механизмами осуществляются от соответствующих систем управления и контроля.

На данной установке получены квазикристаллические покрытия с управляемым соотношением фаз и высокими физико-механическими свойствами (рис. 2).

Плазмотрон Саунина с газодинамическим соплом [3] устанавливается на дистанции $L = 120$ мм от детали, имеющей замкнутую криволинейную поверхность (коническая поверхность, переходящая в сферическую). Внутренняя поверхность детали охлаждается водой с расходом 0,05 л/с на 1 см^2. Материал детали – сплав алюминия АМГ-6. Порошок состава $Al_{65}Cu_{22}Fe_{13}$ с расходом 2 г/с транспортирующим газом (аргоном) подается в плазмотрон, нагревается до температуры плавления в плазменной струе мощностью 12 кВт и со скоростью 150 м/с переносится на деталь. Указанные параметры напыления соответствуют коэффициенту использования порошка: КИП = 80 %. В дальнейшем температура в пятне напыления будет определяться скоростью взаимного перемещения плазмотрона и детали [4]. Для определения оптимального интервала температур в пятне напыления, соответствующего максимальному объему квазикристалличес-

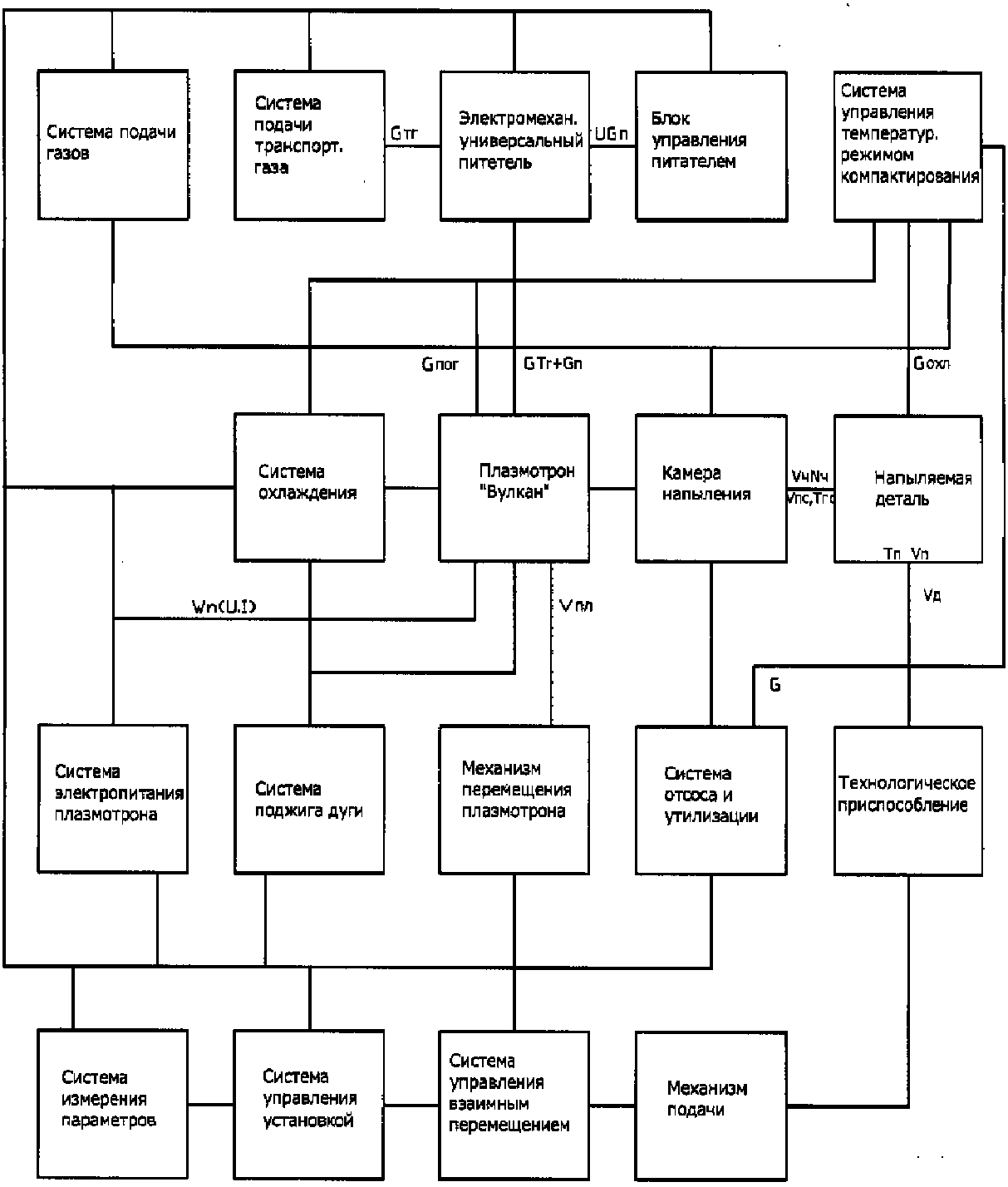


Рис. 1. Структурная схема установки

кой фазы в напыляемом покрытии, было проведено 3 эксперимента с различной скоростью взаимного перемещения напыляемой поверхности и плазменной струи.

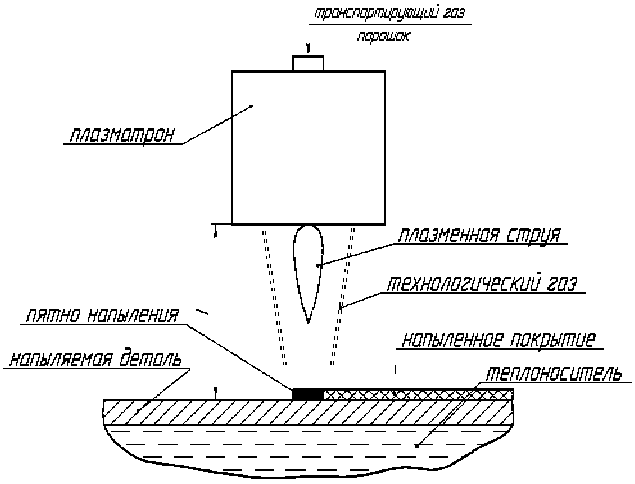


Рис. 2. Схема установки формирования массивных квазикристаллических покрытий

В первом эксперименте скорость взаимного перемещения устанавливалась равной 50 мм/с, во втором – 30 мм/с, в третьем – 10 мм/с, что соответствовало температуре в пятне напыления, составляющей 500 °С, 700 °С, 880 °С (рис. 3), доля объемной квазикристаллической фазы в покрытиях рассчитывалась по данным рентгеннофазового анализа (РФА) (рис. 4). Результаты анализа дифрактограмм показывают, что основные пики интенсивности спектра лежат в диапазоне углов 2И° 42° и 46°, а структура покрытий неоднородна и состоит из смеси двух фаз: квазикристаллической (ш) и кубической (в).

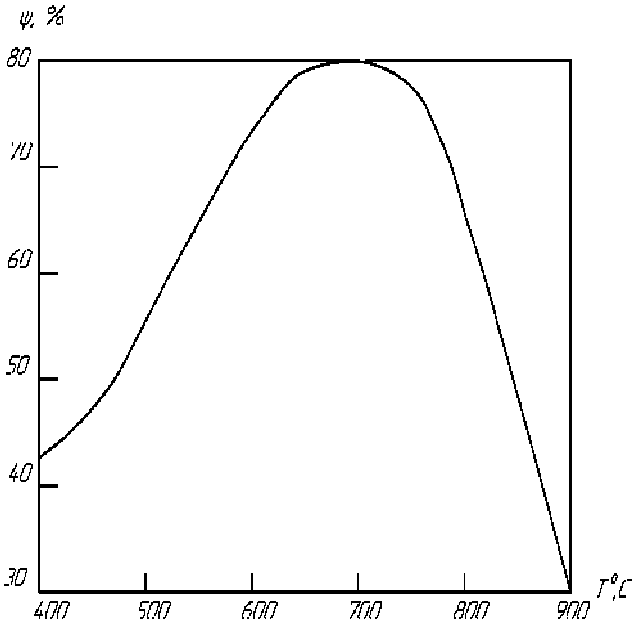


Рис. 3. Зависимость содержания квазикристаллической фазы в покрытиях от температуры в пятне напыления

На графике зависимости процентного содержания квазикристаллической фазы в покрытиях от температуры в пятне напыления (рис. 3) видим, что повышение температуры в пятне напыления, начиная с Т 400 °С, приводит к увеличению доли квазикристаллической фазы, которая достигает максимальной величины при Т 700 °С, после чего уменьшается на 33 % при Т 880 °С.

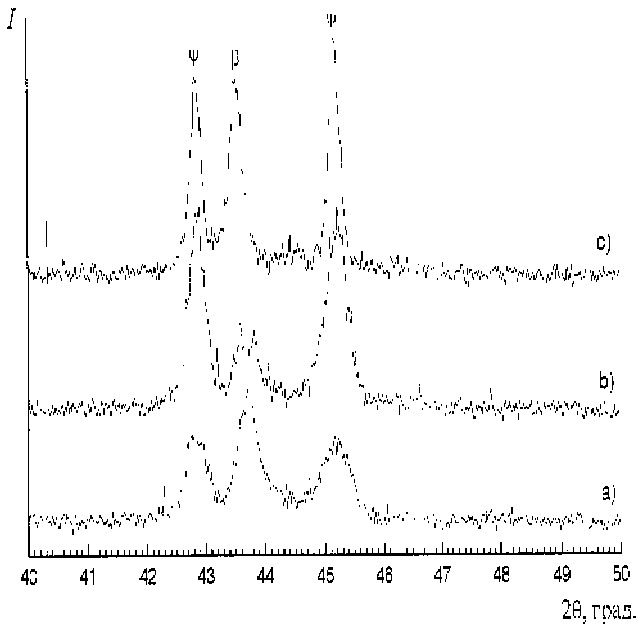


Рис. 4. Рентгенограммы плазмонапыленного покрытия при различных температурах в пятне напыления: *a* – 500 °С; *b* – 700 °С; *c* – 880 °С

1. Материал, содержащий икосаэдры, имеющие симметрию пятого порядка, в каждой вершине которого соединены пять граней, представляет собой квазикристаллическую икосаэдрическую структуру.

2. Благодаря уникальным сочетаниям физико-механических свойств, квазикристаллы являются перспективными материалами в изделиях аэрокосмической, ракетной, приборостроительной и энергетической отраслях промышленности.

3. Наиболее перспективным способом формирования массивных квазикристаллических материалов и покрытий является метод плазменного напыления.

4. Для получения максимальной объемной доли квазикристаллической икосаэдрической фазы в покрытии необходимо, чтобы температура в пятне напыления лежала в интервале значений от 700 до 750 °С.

Библиографический список

1. Shechtman, D. Metallic phase with long-range orientational order and translational symmetry / D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, 1. W. Cahn // Phys. Rev. Letters. 1984. Vol. 53. P. 1951–1953.

2. Нельсон, Д. Р. Квазикристаллы / Д. Р. Нельсон // В мире науки (Sci. Amer.). 1986. № 10. С. 19–28.

3. Пат. РФ № 2276840 МПК H05H1/26, C23C4/00. Электродуговой плазмотрон Саунина / В. Н. Саунин ; опубл. 20.05.2006. Бюл. № 14.

4. Патент РФ № 2335574 МПК: C22C1/04, C22C21/12. Способ получения квазикристаллического сплава в виде покрытия / В. Н. Саунин, С. В. Телегин, В. П. Ковалькова ; опубл. 10.10.2008. Бюл. № 28. С. 5.

V. N. Saunin, S. V. Telegin, V. P. Kovalkova

QUASI CRYSTALS, PROSPECTS OF USING, WAYS OF PRODUCTION

The properties of quasi crystal material structure are described. The term «quasi crystal» is defined. The application area and synthesis method of quasi crystal structure is given. The plasma spaying synthesis method is the most perspective one.

Key words: quasi crystal, structure, plasma spaying.

УДК 669.2.017:620.18

Ф. В. Гречников, Е. А. Носова, О. Г. Савельева

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИЮ ОТДЕЛЬНЫХ ФАЗ В СПЛАВАХ АМГ10 И Д16

Рассмотрен характер изменения степени деформации зерна и вторичных включений в зависимости от различных режимов термической обработки сплавов систем Al – Mg и Al – Cu на различных участках очага пластической деформации.

Ключевые слова: деформация зерна, термическая обработка, вторичные включения.

Развитие промышленности требует получения особых свойств в высокотехнологических конструкциях, что приводит к созданию специальных материалов, в том числе удовлетворяющих требованиям машиностроителей и технологов. На сегодняшний день перспективным направлением создания наноматериалов является интенсивное деформирование сплавов в сочетании с разработкой режимов предварительного и последующего термического воздействия. Алюминиевые сплавы по структуре [1] остаются одними из наиболее популярных конструкционных материалов как в авиации и ракетостроении, так и в общем машиностроении, строительстве и других отраслях промышленности. Получение заданных свойств в алюминиевых сплавах при возникновении субмелкозернистой структуры и моделирование процессов их пластической деформации требуют знания поведения свойств структурных составляющих, образующих структурно-фазовый состав материала. Так как характер пластической деформации напрямую зависит от вида термической обработки, необходимо установить характер пластической деформации в твердом растворе и отдельных фазах сплава в зависимости от режимов термической обработки [2].

Для исследования были выбраны сплавы системы Al–Mg (АМг10) и системы Al–Cu (Д16). Выбор исследуемых сплавов основан на сходстве фазового состава сплавов. Сплавы Д16 и АМг10 при комнатной температуре имеют двухфазный состав: сплав АМг10 – $\alpha + \theta$, сплав Д16 – $\alpha + \beta$ [3]. Для исследования структуры сплавов после различных режимов термической обработки использовались пятикратные плоские образцы, отвечающие ГОСТ 1497–84 на механические испытания. На образцах делались засечки с расстоянием 5 мм (на каждом образце получилось по 8 засечек) (рис. 1) для дальнейшего наблюдения изменений формы, размера зерен и включений в структуре сплавов как в очаге деформаций, так и на участках без деформации.

Затем из образцов изготавливали шлифы. По фотографиям со структурой образцов (рис. 2, 3) при различном состоянии поставки осуществлялся замер длины (L), ширины (B) зерен и включений на каждом размеченном участке.

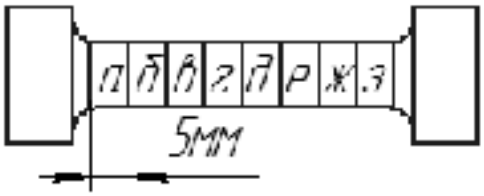
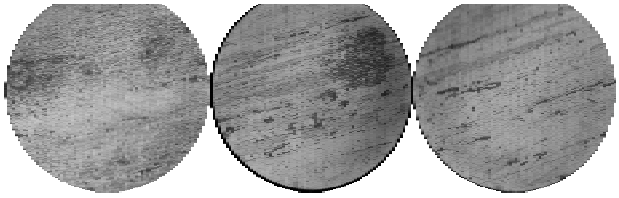
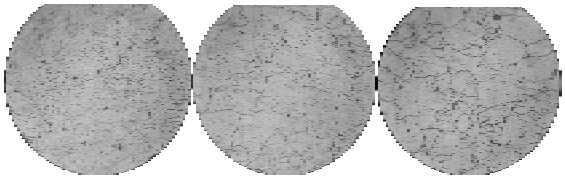


Рис. 1. Сечения на цилиндрическом образце



а *б* *в*

Рис. 2. Микроструктура образца сплава Д16 в сечении, соответствующем очагу деформации (г): *а* – отожженное состояние, *б* – в закаленное и состаренное состояние, *в* – закаленное и перестаренное состояние



а *б* *в*

Рис. 3. Микроструктура образца сплава АМг10 в сечении, соответствующем очагу деформации (г): *а* – отожженное состояние, *б* – в закаленное и состаренное состояние, *в* – закаленное и перестаренное состояние

Анализ микроструктуры сплавов АМг10 и Д16 показал, что сплав Д16 обладает меньшим размером зерна, чем сплав АМг10. При этом β-фаза в сплаве Амг10 выделяется в основном по границам зерен, в то время как Д16 θ-фаза распределяется по всей площади зерна.

Результаты замеров для образцов приведены в виде графиков (рис. 4–9).

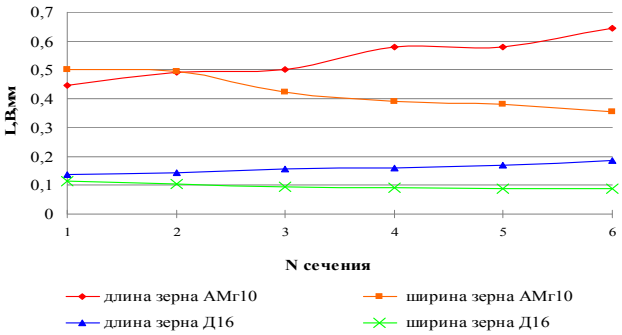


Рис. 4. Изменение размера зерен в каждом сечении отожженного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

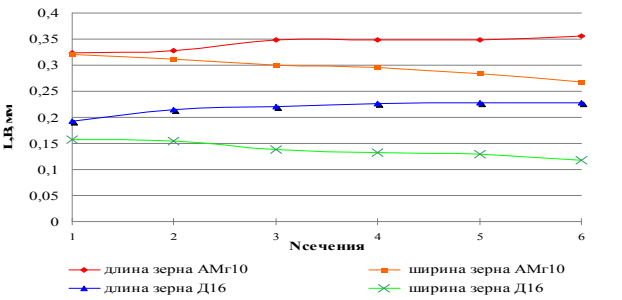


Рис. 5. Изменение размера зерен в каждом сечении закаленного и состаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

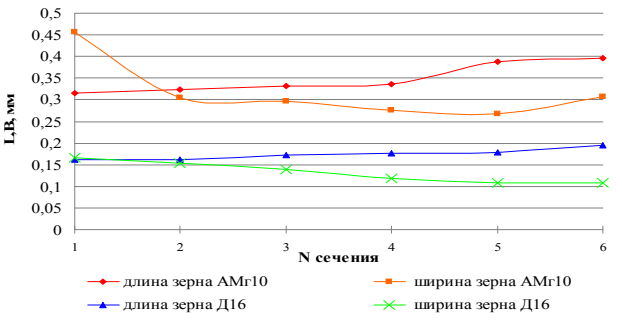


Рис. 6. Изменение размера зерен в каждом сечении закаленного и перестаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

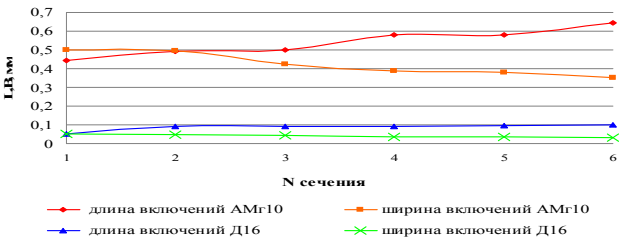


Рис. 7. Изменение размера включений в каждом сечении отожженного образца сплавовАМг10 и Д16 после одноосного растяжения

Далее по полученным данным определялась степень деформации зерен и включений в каждом сечении, а также средняя степень деформации образца (по формулам 1 и 2 соответственно) для установления межзеренного проскальзывания при деформировании:

$$\varepsilon = \frac{a_к - a_0}{a_0} 100\ \%, \qquad (1)$$

где a_0 – начальный размер зерен и включений в продольном и поперечном направлениях, см; (L_0, B_0); $a_к$ – конечный размер зерен и включений в продольном и поперечном направлениях, см; $(L_к, B_к)$; ε – деформация зерен и включений в продольном и поперечном направлениях, %; $(\varepsilon_L\ \varepsilon_B)$.

$$\varepsilon_{ср.обр} = \frac{l_к - l_0}{l_0} 100\ \%, \qquad (2)$$

где l_0 – начальная длина образца, мм; $l_к$ – конечная длина образца, мм; $\varepsilon_{ср.обр.}$ – средняя деформация образца, %.

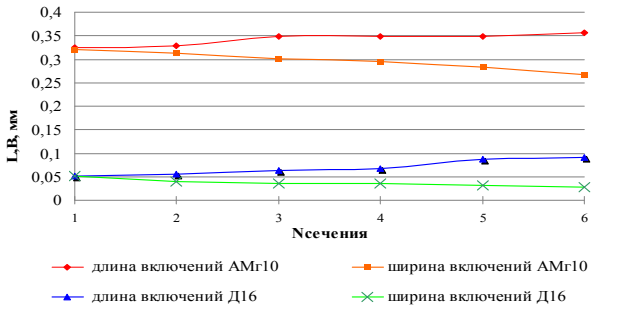


Рис. 8. Изменение размера включений в каждом сечении закаленного и состаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

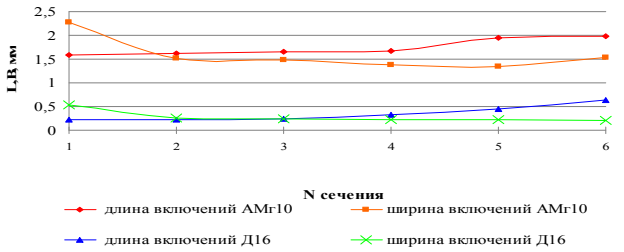


Рис. 9. Изменение размера включений в каждом сечении закаленного и перестаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

Результаты расчетов представлены в виде графиков (рис. 10–12).

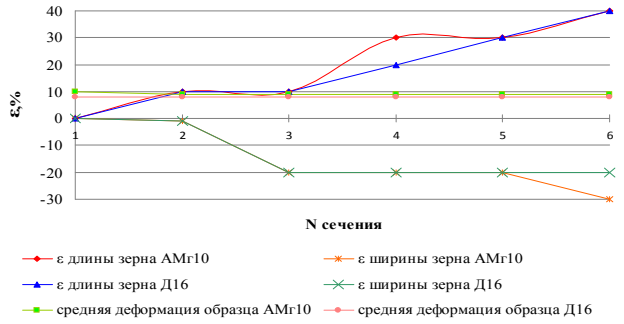


Рис. 10. Деформация зерен по сечениям отожженного образца сплавов Д16 и АМг10 после одноосного растяжения

Результаты данных при анализе графиков зависимости размера зерна в продольном и поперечном направлениях от номера сечения показал, что у сплава Д16 в отожженном состоянии значение предельной деформации зерна составляет 60 %, включений 150 %; в закаленном и состаренном состоянии деформация длины зерна 114 %, а включений 46 %; в закаленном и перестаренном состоянии деформация длины зерна 118 %, включений 82 %. В сплаве АМг10 в отожженном состоянии предельная деформация длины зерна составляет 40 %, а включений 120 %; в закаленном и состаренном состоянии деформация длины зерна 60 %, а включений 40 %; в закаленном и перестаренном состоянии деформация зерна 80 %, а включений 180 %.

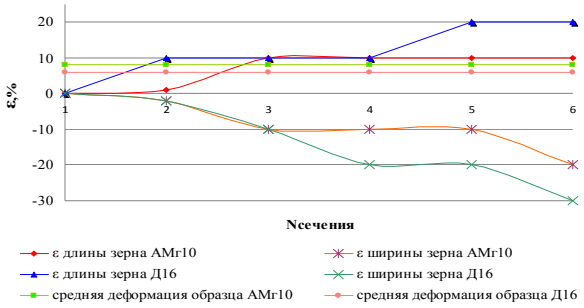


Рис. 11. Деформация зерен по сечениям закаленного и состаренного образца сплавов Д16 и АМг10 после одноосного растяжения

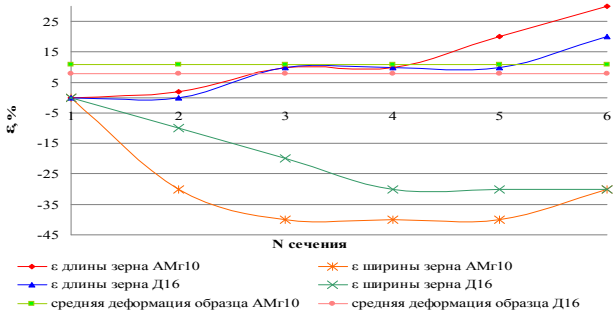


Рис. 12. Деформация зерен по сечениям закаленного и перестаренного образца сплавов Д16 и АМг10 после одноосного растяжения

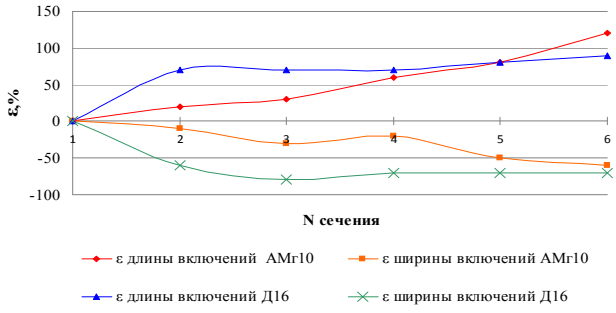


Рис. 13. Деформация включений по сечениям отожженного образца сплавов Д16 и АМг10 после одноосного растяжения

На фотографиях микроструктур образцов видно, что Д16 обладает меньшим зерном, чем АМг10. При старении в фаза в сплаве Амг10 выделяется в основном по границам зерен, в то время как у Д16 и фаза распределяется по всей площади зерна.

Результаты зависимости деформации фаз сплавов Д16 и АМг10 (рис. 10–15) показывают, что деформация зерен (или α-твердого раствора) равномерно увеличивается по всему сечению образца, приближаясь к очагу деформации, где начинается область разрушения и увеличивается наиболее интенсивно. Деформация включений как в долевом, так и в поперечном направлении имеет большие значения, поскольку их размер на порядок меньше, чем у твердого раствора.

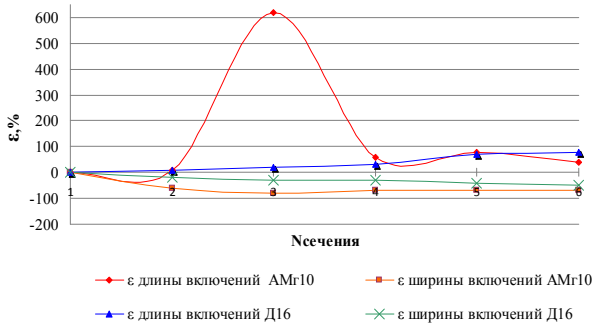


Рис. 14. Деформация включений по сечениям закаленного и состаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

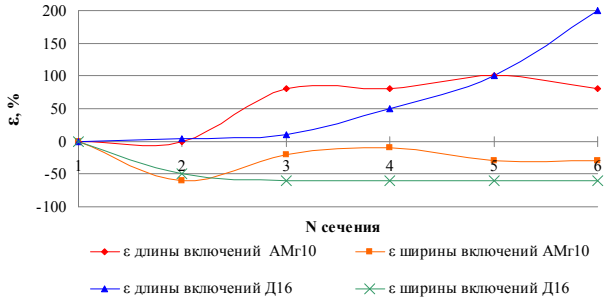


Рис. 15. Деформация включений по сечениям закаленного и перестаренного образца сплавов АМг10 и Д16 после одноосного растяжения

Анализ характеристик деформации показал, что в процессе испытаний на растяжение проскальзывание зерен по границам отсутствовало, следовательно, в процессе деформирования осуществлялся механизм скольжения зерен по всему участку образца, приближаясь к очагу деформаций. Этим можно объяснить удлинения зерен сплава. Большие значения степени деформации включений объясняются тем, что их размеры на порядок меньше размеров зерна сплава. Степени деформации во многом зависят от состояния поставки сплава.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке прикладных программ моделирования процессов обработки металлов давлением с учетом реальной структуры.

Библиографический список

1. Структура, фазовые превращения и свойства нанокристаллических сплавов. Екатеринбург : УрО Ран, 1997. 159 с.

2. Материаловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов : учебник для вузов / Б. А. Колачев, В. И. Елагин, В. А. Ливанов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : МИСИС, 1999. 410 с.

3. Структура и свойства алюминиевых сплавов : пер. с англ. / Л. Ф. Мондольфо. М. : Металлургия, 1979. 640 с.

F. V. Grechnikov, E. A. Nosova, O. G. Savelyeva

HEAT TREATMENT EFFECT ON THE SEPARATE PHASES DEFORMATIONS IN ALLOY ALMG10 AND ALCU4MG1.5

The nature of the deformation degree change of gain and secondary includings depending on different modes of the heat treatment in different areas of plastic deformation centre is considered.

Keywords: deformation grain the heat treatment, secondary includings.

УДК 546.26

Е. А. Гончарова, В. Г. Исакова, Е. В. Томашевич, Г. Н. Чурилов

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИГИДРОКСИЛИРОВАННЫХ ФУЛЛЕРЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА В КАЧЕСТВЕ КАТАЛИЗАТОРА

Рассматривается синтез водорастворимых полигидроксилированных фуллеренов с использованием в качестве прекурсоров смесей, содержащих фуллерен и наночастицы железа. Показано, что наночастицы железа являются катализатором процесса гидроксилирования фуллеренов, что позволяет осуществить гидролиз в воде и таким образом избежать нежелательное применение гидроксида натрия в качестве источника гидроксильных групп, вызывающего агломерацию фуллеренолов.

Ключевые слова: фуллеренол, гидроксилирование, наночастицы железа.

Одними из наиболее перспективных водорастворимых производных фуллеренов с точки зрения применений в биомедицине являются фуллеренолы (полигидроксилированные фуллерены). Важнейшим из фундаментальных свойств фуллеренолов является их антиоксидантная активность, они во много раз эффективнее широко используемых в медицине антиоксидантов, таких как витамины С и Е. Способность фуллеренола $C_{60}(OH)_x$ ($x > 16$) проявлять свойства ловушек для свободных радикалов была продемонстрирована в опытах *in vitro in vivo* [1].

Число ОН-групп, присоединенных к молекуле фуллерена, влияет на его растворимость в воде. Необходимой для практического использования растворимостью обладают производные с 16 и более гидроксильными группами.

Большинство методов, использующихся для получения водорастворимых фуллеренолов, основаны на прямом взаимодействии фуллеренов со щелочью в присутствии катализатора, или на получении производных фуллеренов с последующей обработкой щелочью. Так, в работе [2] гидролизом полинитрофуллеренов ($C_{60}(NO_2)_n$) в водном растворе NaOH были получены фуллеренолы с 16 гидроксильными группами с небольшим общим выходом. В работах [3–5] сообщается о реакции фуллерена с тетрафтороборатом нитрониума в присутствии аренокарбоновой кислоты в безводной среде. В [6] описан метод синтеза фуллеренолов взаимодействием фуллерена с водным раствором NaOH в присутствии гидроксида тетрабутиламмония в качестве катализатора, в работе [7] вместо гидроксида тетрабутиламмония использовался полиэтиленгликоль 400. В работе [8] фуллеренол $C_{60}(OH)_{22}$ синтезирован в щелочной среде замещением атомов брома в $C_{60}Br_{24}$.

Данная работа посвящена синтезу водорастворимых фуллеренолов с применением наноразмерных частиц железа в качестве катализатора процесса гидроксилирования.

Исходный материал – это углеродный конденсат, образующийся при распылении в электрической дуге ВЧ – тока графитовых стержней, содержащих порошок железа (рис. 1) [9]. Рефлексы, соответствующие отражению от плоскостей 111, 220, 311 гранецентрированной решетки фуллерена ($2\theta = 10{,}75$, 17,59, 20,66 соответственно), проявляются на фоне гало от ультрадисперсной сажи, в присутствии сигнала, соответствующего отражению от плоскости 100 гексагональной решетки графита ($2\theta = 26{,}40$). Кроме того, присутствуют рефлексы, соответствующие отражению от плоскостей 110, 200 и 211 ($2\theta = 44{,}71$, 65,08, 82,42°) объемно-центрированной решетки α-Fe, и, таким образом, железо сохраняет металлическую форму. Уширенные рефлексы свидетельствуют о высокой дисперсности частиц железа, размер кристаллитов железа, оцененный по формуле Шеррера, составляет 10 нм.

Выделение фуллереновой смеси, содержащей наночастицы железа, из плазменных конденсатов осуществляли методом экстракции бензолом. Полученная фуллереновая смесь содержит около 85 % C_{60}, 15 % C_{70}. Содержание железа в образце, по данным рентгеноспектрального флуоресцентного анализа, составляет 0,1 %.

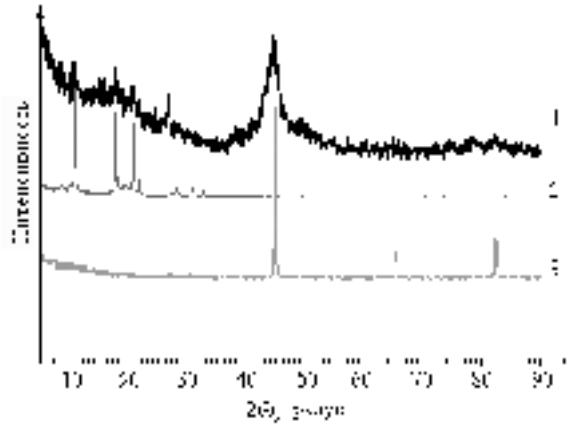


Рис. 1. Дифрактограммы: 1– исходный углеродный конденсат; 2 – фуллерен C_{60}; 3 – α-Fe

В спектре ЭПР образца (рис. 2) наблюдается линия фуллеренового радикала (1) и резонансная линия наночастиц металлического железа в парамагнитном состоянии (2).

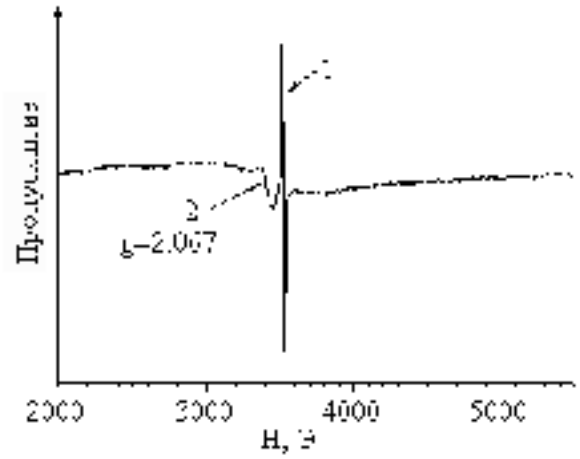


Рис. 2. Спектр ЭПР экстрагированной фуллереновой смеси

На дифрактограмме выделенной фуллереновой смеси (рис. 3) присутствуют рефлексы, соответствующие отражению от плоскостей 111, 220, 311 гранецентрированной решетки фуллерена (2θ = 10,75, 17,59, 20,66 соответственно). В области наиболее интенсивного рефлекса объемно-центрированной решетки α-Fe (2θ = 44,7) наблюдается гало. Наличие гало может быть связано с присутствием высокодисперсных металлических частиц.

Гидроксилирование фуллеренов в полученном экстракте проводили по методике [2; 10] длительным нагреванием в концентрированном растворе азотной кислоты. В отличие от этих методов, мы не использовали гидроксид натрия, который в традиционных методиках осуществляет гидролиз нитрокомплексов, образующихся при взаимодействии фуллеренов с азотной кислотой. О прохождении реакции судили по окрашиванию раствора азотной кислоты. После выпаривания раствора получили аморфный порошок желто-коричневого цвета хорошо растворимый в воде (pH раствора равен 6). Полученный порошок содержал фракции – нерастворимую (образец I) и растворимую (образец II) в этиловом спирте в соотношении, приблизительно соответствующем соотношению C_{60}/C_{70} в исходной смеси фуллеренов.

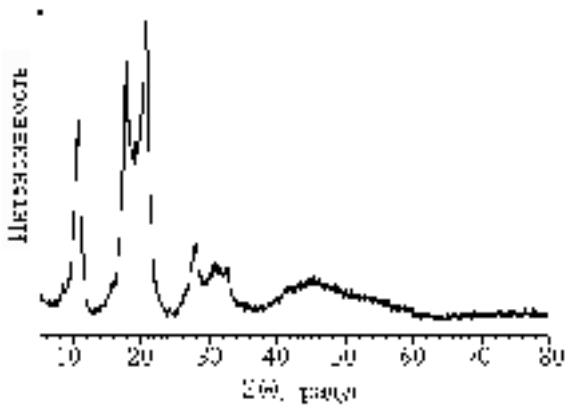


Рис. 3. Дифрактограмма фуллереновой смеси, выделенной бензолом из углеродного конденсата

В ИК спектрах образцов I и II (рис. 4), подобно приведенным в работах [4; 7] спектрам фуллеренолов, наблюдаются: широкая полоса поглощения с максимумом 3330 $см^{-1}$ в области валентных колебаний ОН групп; полосы, которые можно отнести к деформационным колебаниям ОН (1340 и 1343 $см^{1}$); полосы валентных колебаний С = С групп (1635 и 1623$см^{1}$); полоса колебаний С = О (1718 $см^{1}$).

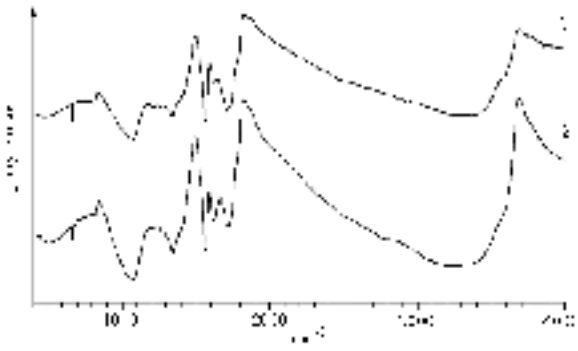


Рис. 4. ИК спектр образцов

В масс-спектре образца I наблюдается пик при m/z = 720, соответствующий фуллерену C_{60}^{+}. Пик при m/z = 840, соответствующий C_{70}^{+}, не обнаружен. Пики при m/z, равному 740, 784, 805, 828, 872, можно отнести к $C_{60}H_3(OH)^{+}$, $C_{58}H_3(OH)_5^{+}$, $C_{60}(OH)_5^{+}$, $C_{60}H_6(OH)_6^{+}$, $C_{60}O(OH)_8^{+}$ соответственно. Мы считаем, что образец является производным фуллерена C_{60}. Более детальное исследование образца 2 из-за малого выхода не проводилось, наиболее вероятно, что данный образец является производным C_{70}.

Образец I исследовался методом фотоэлектронной спектроскопии (ФЭС) с предварительным травлением образца ионами аргона. В спектре (рис. 5) наблюдаются пики, относящиеся к C_{1s} (70,4 %) и O_{1s} (29,6 %), не обнаружены пики, соответствующие энергии связи N_{1s}, т. е. в

структуре полученного соединения нитрогруппы не содержатся. Из анализа пика, относящегося к углероду, видно, что он находится в трех состояниях с различными степенями окисления: пик, соответствующий энергии связи 285,9 эВ, относится к неокисленному углероду, пик при энергии связи электрона 287,8 эВ – к гидроксилированному углероду, пик при 289,7 эВ – к оксидированному углероду. Фотоэлектронный спектр данного образца подобен спектру, приведенному в литературе для фуллеренола с 16–18 гидроксильными группами [7].

Согласно данным ИК и ФЭС, состав образца I соответствуют полигидроксилированному фуллерену $(Ful)O(OH)_{18}$ (найдено O – 29,6 %, C – 70,4 %, вычислено O – 29,7 %, C – 70,3 %). Выход продукта составляет примерно 70 %.

Таким образом, гидроксилирование фуллереновой смеси C_{60}/C_{70} модифицированной железом мы осуществили действием азотной кислоты без участия гидроксида натрия. Поставщиком OH-групп являлась вода. В результате выполненных исследований было выяснено, что наночастицы железа, содержащиеся в смеси фуллеренов C_{60}/C_{70}, катализируют процесс гидроксилирования фуллеренов в реакциях фуллеренов с азотной кислотой и водой. В фотоэлекронном спектре образца I не зарегистрированы пики железосодержащих частиц, т. е. наночастицы железа при переходе фуллеренов в растворимые в азотной кислоте продукты остаются в нерастворимом остатке.

Согласно данным анализа динамического светорассеяния, растворы фуллеренолов дисперсны на молекулярном уровне, однако при увеличении pH происходит их агломерация [11]. Присутствие ионов натрия приводит к значительной агломерации фуллеренолов в растворе за счет усиления межмолекулярного взаимодействия. Кроме того, в присутствии NaOH происходит образование соли иона $Na^+_n[C_{60}O_xOH_y]^{n-}$ (где n=2–3, x=7–9, и y=12–15) [12]. Это затрудняет биологические исследования фуллеренолов, что объясняет необходимость получения растворов, не содержащих ионов Na^+.

Процесс гидроксилирования фуллеренов, допированных кластерами железа, не требует использования щелочи, кроме того, в отличие от известной методики гидроксилирования с использованием азотной кислоты и гидроксида натрия, где выход мал, мы получаем фуллеренолы с выходом не менее 70 %. При этом не требуется дополнительной стадии хроматографического отделения катионов натрия, нет необходимости в использовании сложных катализаторов, требующих дополнительного синтеза, каталитически активные частицы железа вводятся в систему непосредственно на стадии плазменного синтеза фуллеренов.

Структура и состав образцов исследовались методами порошковой рентгеновской дифракции (дифрактометр ДРОН 4), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (спектрометр SPECS, Gmbh), ИК спектроскопии (спектрометр Vertex 70, Bruker) и элементного анализа (спектрометр Bruker S4 Pioneer).

Авторы благодарны Э. А. Петраковской за измерение ЭПР спектров, Н. П. Шестакову за получение ИК спектров и полезные обсуждения результатов.

Библиографический список

1. Пиотровский, Л. Б. Фуллерены в биологии / Л. Б. Пиотровский, О. И. Киселев. СПб. : Изд-во «Росток», 2006. 336 с.

2. Chiang, L. Y. Efficient one-flask synthesis of water-soluble fullerenols / L. Y. Chiang, J. B. Bhonsle, L. Wang S. P. [et al.]// Tetrahedron. 1996. Vol. 52 . P. 4963–4972.

3. Chiang, L. Y. Multi-hydroxy additions onto C_{60} fullerene molecules / L. Y. Chiang, J. W. Seirczewski, C. S. Hsu [et al.] // J. Chem. Soc. 1992. P. 1791–1793.

4. Li, J. C_{60} fullerol formation catalysed by quaternary ammonium hydroxides / J. Li, A. Takeuchi, M. Ozawa [et al.] // J. Chem. Soc. 1993. P. 1784–1785.

5. Zhang. J.-M. Efficient and Convenient Preparation of Water-Soluble Fullerenol / J.-M. Zhang, W. Yang, H. Ping, S.-Z. Zhu // Chinese Journal of Chemistry. 2004. Vol. 22. P. 1008–1011.

6. Bogdanovi, G. Modulating activity of fullerol $C_{60}(OH)_{22}$ on doxorubicin-induced cytotoxicity / G. Bogdanovi, V. Koji, A. Pordevi [et al.] // Balti. 2004.

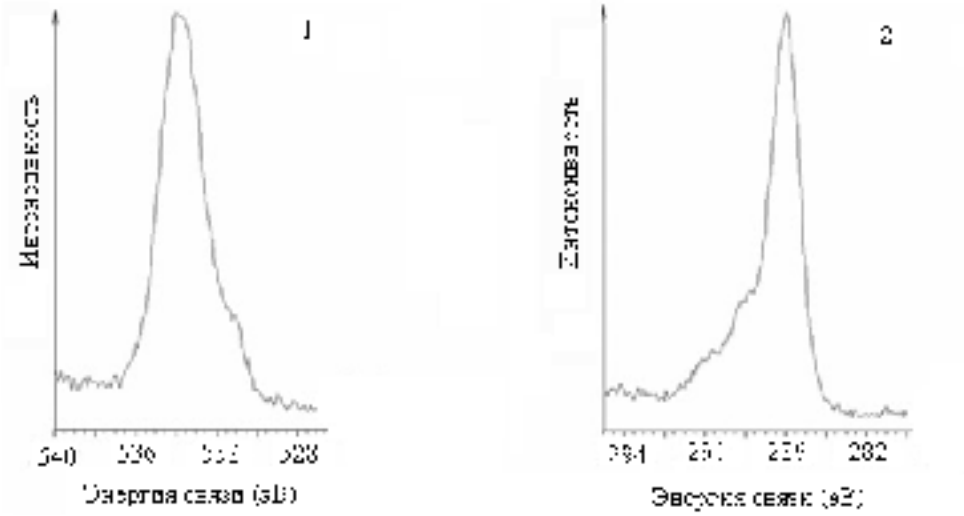


Рис. 5. Фотоэлектронные спектры образца I: 1 – спектр, соответствующий уровню O_{1s}, 2 – спектр, соответствующий уровню C_{1s}

7. Chiang, L. Y. Evidence of Hemiketals Incorporated in the Structure of Fullerols Derived from Aqueous Acid Chemistry / L. Y. Chiang, R. B. Upasani, J. W. Swirczewski, S. Soled // J. Am. Chem. Soc. 1993. Vol. 115 P. 5453–5457.

8. Bogdanovi, G. Modulating activity of fullerol $C_{60}(OH)_{22}$ on doxorubicin-induced cytotoxicity / G. Bogdanovi, V. Koji, A. Pordevi [et al.] // Balti. 2004.

9. Churilov, G. N. Fullerenes and other structures of carbon plasma jet under helium flow / G. N. Churilov, L. A. Soloviev, Ya. N. Churilova [et al.] // Carbon. 1999. Vol. 37. № 3. P. 427–431.

10. Anantharaj, V. Synthesis and characterization of nitrated fullerene derivatives / V. Anantharaj, J. Bhonsle, T. Canteenwala, L. Y. Chiang // J. Chem. Soc. 1999. Vol. 1. P. 31–36.

11. Kokubo, K. Facile Synthesis of Highly Water-Soluble Fullerenes More Than Half-Covered by Hydroxyl Groups / K. Kokubo, K. Matsubayashi, H. Tategaki [et al.] // ACS Nano. 2008. Vol. 2. P. 327–333.

12. Husebo, L. O. Fullerenols revisited as stable radical anions / L. O. Husebo, B. Sitharman, K. Furukawa [et al.] // J. Am. Chem. Soc. 2004. Vol. 124. P. 12055–12064.

E. A. Goncharova, V. G. Isakova, E. V. Tomashevich, G. N. Churilov

PREPARATION OF WATER-SOLUBLE POLYHYDROXYLATED FULLERENES USING IRON NANOPARTICLES AS CATALYST

The synthesis of water-soluble polyhydroxylated fullerenes using mixtures containing fullerenes and iron particles as precursors in considered. The iron nanoparticles are shown to catalyze fullerene hydroxylation process. It allows to realizef hydrolysis in water and thus to avoid undesirable application of sodium hydroxide as the source of the hydroxyl groups, which causes the fullerenol agglomeration.

Keywords: fullerenol, hydroxylation, iron nanoparticles.

УДК 621.891(075)

В. С. Даниленко, Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, Н. Н. Малышева, Е. А. Вишневская

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Описан метод определения термоокислительной стабильности смазочных материалов, приведены результаты испытания моторных масел различной базовой основы по определению температурной области их работоспособности.

Ключевые слова: смазочный материал, термоокислительная стабильность, критическая температура окисления, коэффициент поглощения светового потока, скорость окислительных процессов, летучесть.

К силовым установкам средств аэродромно-технического обеспечения полетов авиации предъявляются технические требования по надежности и безаварийной работе. Во многом эти требования связаны с применяемыми в них смазочными материалами.

Важными эксплутационными параметрами, определяющими температурную область работоспособности смазочных материалов являются температуры начала окисления и испарения, а также их термоокислительная стабильность. Эти параметры влияют на ресурс смазочного материала и надежность двигателей внутреннего сгорания. Стандартные методы [1–3] предусматривают испытания масел на установках ИКМ в течение 40 ч или ДК- НАМИ при T 200 °С с последующим определением вязкости и осадка на поршне или в масле, а также нагреванием тонкого слоя на металлической поверхности с последующим разделением остатка на рабочую фракцию и лак.

Исследовательские методы [4–8] направлены на расширение информативности стандартных методов и являются комплексными, учитывают концентрацию продуктов окисления, летучесть, вязкость и тепловую энергию, преобразованную в продукты окисления и летучести. Однако наряду с их простотой, ориентацией на применение непосредственно на эксплуатационных предприятиях и не требующих высококвалифицированных специалистов для проведения анализа, эти методы трудоемки, так как предусматривают длительное испытание при разных температурах. Поэтому поиск новых методов испытания смазочных материалов на термоокислительную стабильность является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является разработка ускоренного метода определения термоокислительной стабильности с применением циклического изменения температуры в процессе испытания.

Методика исследования. Пробу исследуемого смазочного материала постоянной массы (100 ± 0,1 г) заливают в термостойкий стакан, на наружной поверхности которого намотан электронагреватель, изолированный теплоизоляцией и помещенный в металлический цилин-

дрический кожух с ручкой. Нагреватель через разъемы соединен с терморегулятором ТР101. Пробу масла нагревают до заданной температуры и перемешивают стеклянной мешалкой с помощью электропривода с частотой вращения 300 ± 1 об/мин. Применение стеклянного стакана и мешалки исключает влияние металлов на окислительные процессы.

Испытания начинают проводить, начиная с температуры 180 °С в течение постоянного времени, например 6 ч, с дальнейшим ее ступенчатым понижением на 10 °С. После каждого испытания стакан с испытуемым смазочным материалом взвешивают с точностью 0,1 г, определяют массу испарившегося продукта и отбирают пробу для фотометрирования и определения коэффициента поглощения светового потока $K_п$. Понижение температуры проводят до наступления стабилизации коэффициента $K_п$. После наступления стабилизации коэффициента $K_п$ температуру испытаний повышают ступенчато на 10 °С до значения 180 °С и затем ее ступенчато повторно снижают. Испытания проводят до значения коэффициента поглощения светового потока, равного 0,7–0,8 ед.

По результатам испытания определяют скорость окислительных процессов V_0 при каждой температуре из соотношения

$$V_0 = K_п/t, \quad (1)$$

и ее приращение ΔV_0 от температуры испытания:

$$\Delta V_0 = V_{02} - V_{01}, \quad (2)$$

где $K_п$ – коэффициент поглощения светового потока; t – время испытания, ч; V_{02}, V_{01} – скорость окисления смазочного материала при соответствующих температурах, $ч^{-1}$.

Аналогично рассчитывают приращение испаряемости ΔG смазочного материала от температуры испытания:

$$\Delta G = G_2 - G_1, \quad (3)$$

где G_2, G_1 – масса пробы смазочного материала после испытания при соответствующих температурах, г.

По результатам испытания строят графические зависимости приращений скорости окисления от температуры и коэффициента поглощения светового потока и приращения испаряемости от температуры испытания. Рассматриваемая технология запатентована [9].

Результаты исследования и их обсуждение. Для исследования выбраны минеральное моторное масло М-10-$Г_2$к, частично синтетическое Visco 3000 10W-40 SL/CF, и синтетическое Mobil Synts 5W-40 SL/CF.

Зависимости приращения скорости окисления (рис. 1, 2) и испаряемости (рис. 3) от температуры испытания обозначены цифрой 0 – начало испытания, 1 – первый цикл снижения температуры испытания, 2 – второй цикл повышения температуры испытания до максимального значения и т. д.

Для минерального моторного масла М-10-$Г_2$к (рис. 1, *а*) при температуре 150 °С приращение скорости окисления практически ровно нулю, поэтому эта температура является предельной и определяет температурную область его работоспособности.

Для частично синтетического моторного масла Visco 3000 10W-40 SL/CF (рис. 1, *б*) предельная температура составляет 140 °С, а синтетического Mobil Synts 5W-40 SL/CF (рис. 1, *в*) – 160 °С.

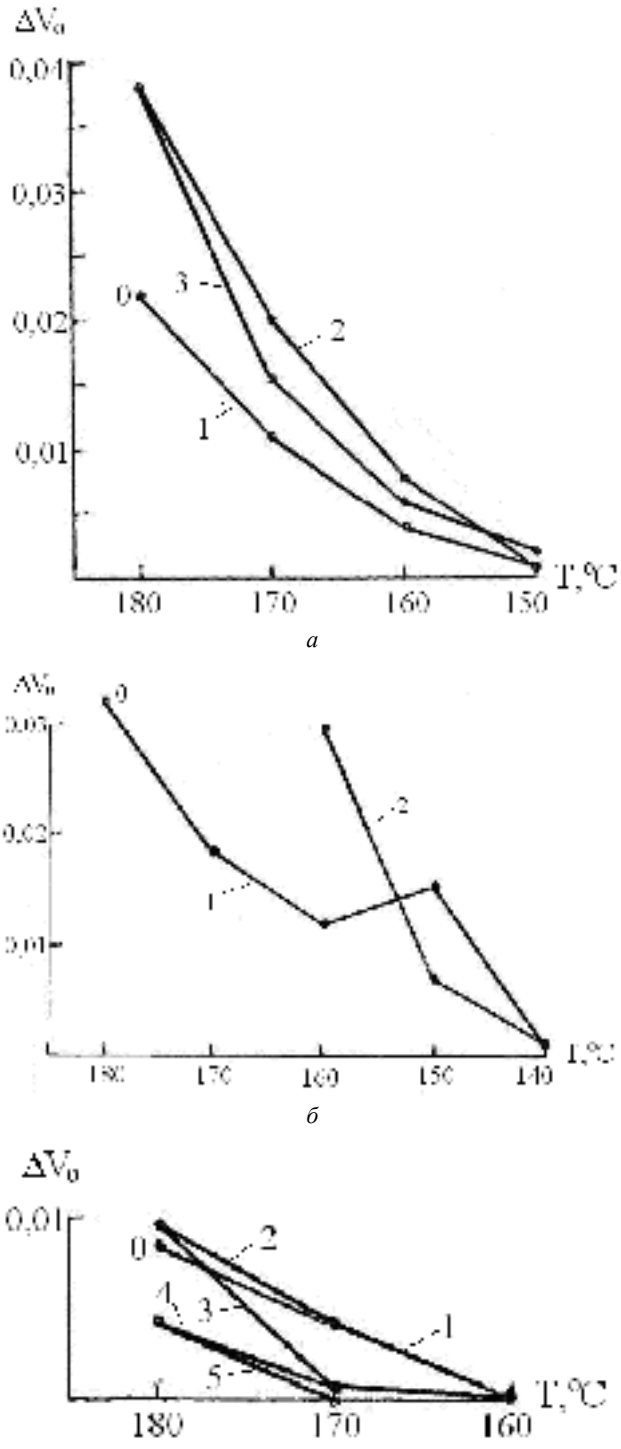


Рис. 1. Зависимость приращения скорости окисления от температуры испытания: *а* – минеральное моторное масло М-10-$Г_2$к; *б* – частично синтетическое Visco 3000 10W-40 SL/CF; *в* – синтетическое Mobil Synts 5W-40 SL/CF; *0*– начало окисления; *1–5* – циклы понижения и повышения температуры испытания

Зависимости приращения скорости окисления ΔV_0 от коэффициента поглощения светового потока $K_п$ показывают количество циклов снижения и повышения температуры, которые выдерживает испытуемый смазочный

материал до значения коэффициента $K_п$ = 0,7–0,8 ед. Для минерального масла М-10-$Г_2$к (рис. 2, *а*) установлено три цикла изменения температуры испытания до значения коэффициента $K_п$ = 0,7–0,8 ед. Частично синтетическое масло Visco 3000 10W-40 SL/CF (рис. 2, *б*) выдержало два цикла изменения температуры испытания до значения коэффициента $K_п$ = 0,7 ед. Синтетическое масло Mobil Synts 5W-40 SL/CF выдержало 15 циклов изменения температуры испытания (рис. 2, *в*).

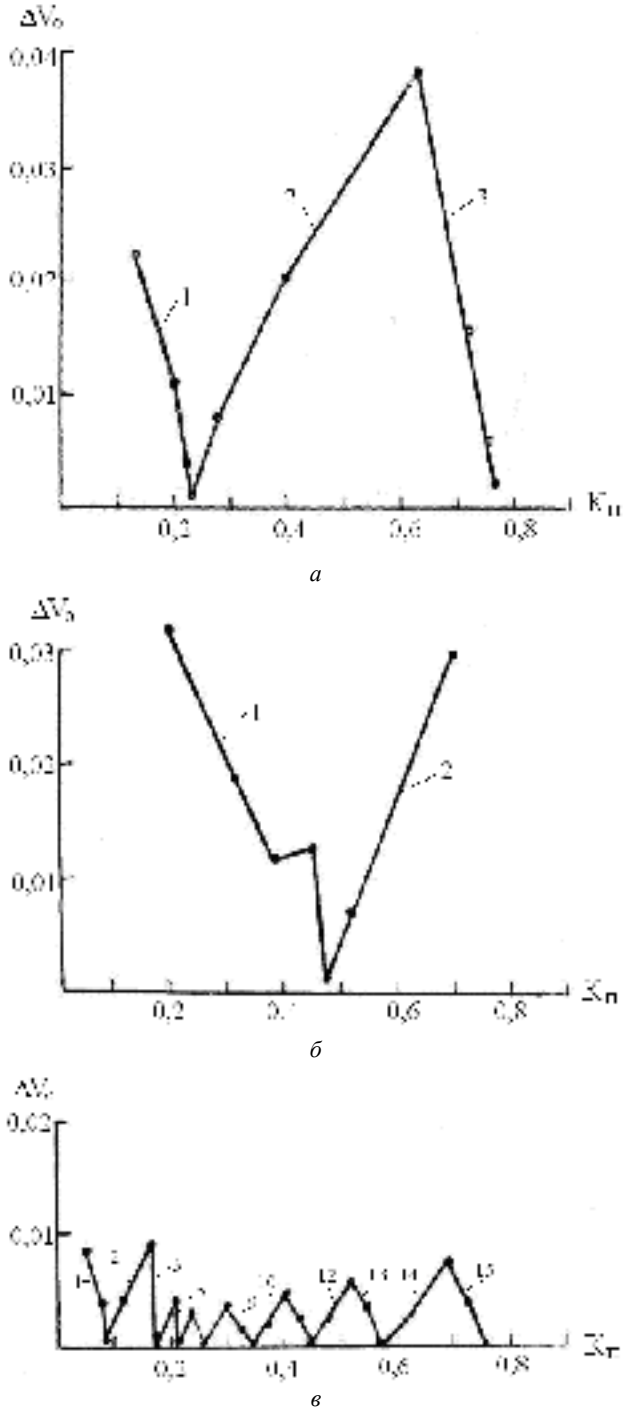


Рис. 2. Зависимость приращения скорости окисления от коэффициента поглощения светового потока (условные обозначения см. на рис. 1)

По зависимостям приращения испаряемости (летучести) моторных масел от температуры испытания устанавливают температуру, при которой приращение испаряемости составляет $\Delta G = 0$, поэтому она является предельной и определяет температурную область их работоспособности. Так, для минерального масла М-10-$Г_2$к (рис. 3, *а*) температура, при которой практически отсутствует испаряемость, равна 150 °С – для первого и третьего циклов испытания и 160 °С для второго цикла изменения температуры при ступенчатом ее увеличении. Поэтому предельной температурной работоспособности минерального масла по параметру испаряемости является температура 150 °С.

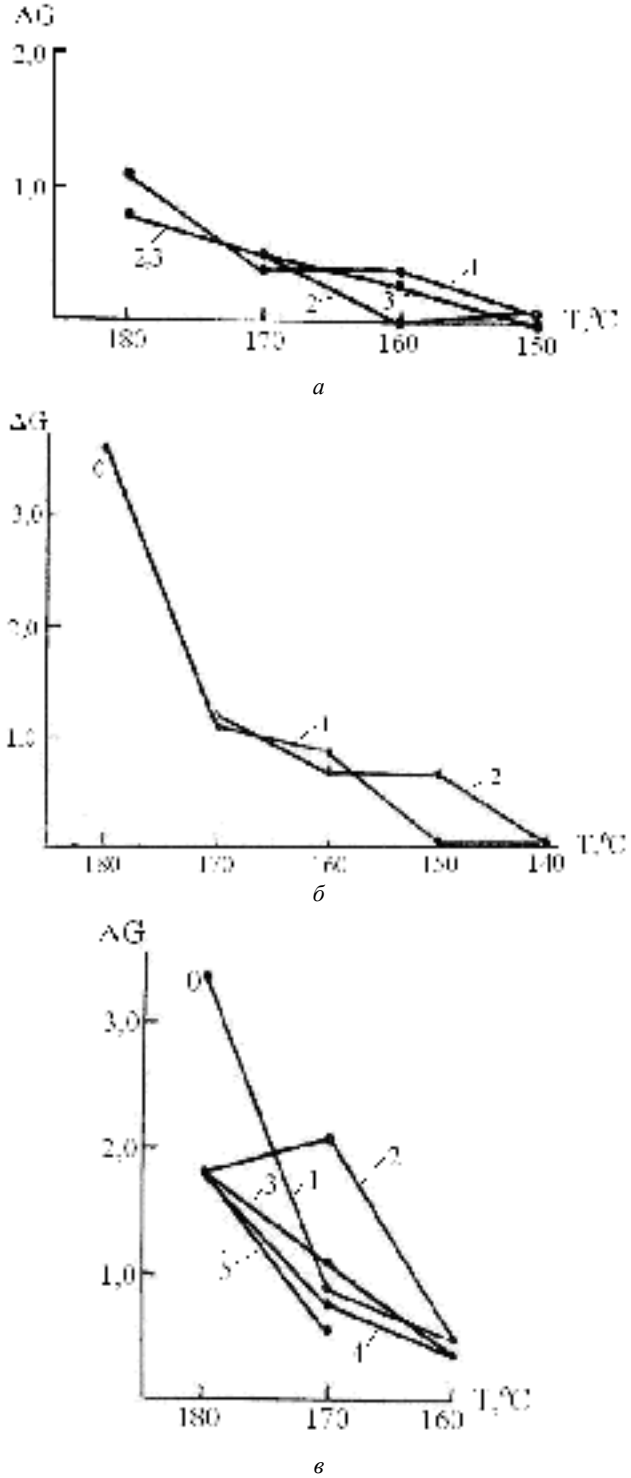


Рис. 3. Зависимость приращения испарения от температуры испытания (условные обозначения см. на рис. 1).

Для частично синтетического масла Visco 3000 10W-40 SL/CF (рис. 3, *б*) приращение испаряемости равно нулю при температуре 150 °С для первого цикла снижения температуры испытания и 140 °С при втором цикле увеличения температуры, поэтому предельной температурой работоспособности является температура 140 °С.

Для синтетического масла Mobil Synts 5W-40 SL/CF (рис. 3, *в*) предельной температурой работоспособности по параметру испаряемости является температура 160 °С.

На основе полученной информации о термоокислительной стабильности исследуемых моторных масел рассмотренную технологию испытания можно использовать для идентификации смазочных масел на соответствие группам эксплуатационных свойств. В этой связи, чем больше циклов ступенчатого снижения и повышения температуры испытания выдержал испытуемый смазочный материал и чем выше предельная температура его работоспособности по показателям приращения скорости окисления и испарения, тем должна быть выше группа эксплуатационных свойств, и этот смазочный материал может применяться в двигателях с более нагруженными условиями эксплуатации и степенью форсирования. Кроме того, количество циклов изменения температуры испытания определяет ресурс испытуемого смазочного материала в данном температурном диапазоне.

Так, количество циклов предложено использовать в качестве не только как параметра термоокислительной стабильности смазочного материала, но и для идентификации или установления группы эксплуатационных свойств. По результатам испытания следует, что моторное масло Visco 3000 10W-40 SL/CF не может относиться к группе эксплуатационных свойств SL/CF, так как оно выдержало всего два цикла изменения температуры, а предельная температура работоспособности равна 140 °С, т. е. ниже, чем у масел М-10-$Г_2$к и Mobil Synts 5W-40 SL/CF.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет получить дополнительную информацию при определении термоокислительной стабильности смазочных материалов в широком диапазоне температур испытания по таким параметрам, как количество циклов колебаний приращения скорости окисления при ступенчатом снижении и повышении температуры испытания до установленного значения коэффициента поглощения светового потока, определяющих потенциальный ресурс, предельную температуру работоспособности, при которой приращение скорости окисления и летучести равны нулю.

Библиографический список

1. ГОСТ 20457–75 Масла моторные. Метод оценки антиокислительных свойств на установке ИКМ.

2. ГОСТ 23175–78 Масла моторные. Метод оценки моторных свойств и определения термоокислительной стабильности.

3. ГОСТ 11063–77 Масла моторные с присадками. Метод определения стабильности по индукционному периоду осадкообразования.

4. Пат. 2057326 РФ, МКИ[3] G01№ 25/02. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, Л. Н. Деревягина, И. А. Кириченко ; опубл. 27.03.96. Бюл. № 9.

5. Пат. 2219530 РФ, МКИ[3] G01N25/00. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, С. И. Васильев, Е. Ю. Янаев ; опубл. 0.12.03. Бюл. № 35.

6. Пат. 2247971 РФ, МКИ[3] В 01N29/11. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, Ю. Н. Безбородов, С. И. Васильев, А. А. Бадьина ; опубл. 10.03.05. Бюл. № 7.

7. Пат. 2274850 РФ, МПК G 01N25/02. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, С. И. Васильев, Ю. Н. Безбородов, В. В. Гаврилов ; опубл. 20.04.06. Бюл. № 11.

8. Пат. 2298173 РФ, МПК G 01N25/02. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, Н. Н. Малышева, М. А. Шунькина, А. А. Метелица, В. В. Гаврилов ; опубл. 27.04.07. Бюл. № 12.

9. Пат. 2318206 РФ, МПК G 01N25/02. Способ определения термоокислительной стабильности смазочных материалов / Б. И. Ковальский, В. С. Даниленко, Н. Н. Малышева, Ю. Н. Безбородов ; опубл. 27.02.08. Бюл. № 6.

V. S. Danilenko, B. I. Kovalskiy, Yu. N. Bezborodov, N. N. Malysheva, E. A. Vishnevskaya

METHOD OF THERMAL-OXIDATIVE STABILITY OF LUBRICANTS ASSESSMENT

A method of thermal oxidative stability of lubricants assessment is described, the test results of motor oils of various base and their operating temperature domain identification are represented.

Key words: lubricant, thermal-oxidative stability, critical temperature of the oxidation, light flux absorption factor, speed of oxidative process, volatility.

УДК 621.891

В. С. Даниленко, Б. И. Ковальский, Е. А. Вишневская, Ю. Н. Безбородов, Н. Н. Ананьин

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПЫТАНИЯ

Приведена методика испытания смазочных масел на термоокислительную стабильность при циклическом изменении температуры, предложены критерии оценки влияния температуры испытания на процессы окисления и влияния продуктов окисления на вязкость испытуемого масла.

Ключевые слова: термоокислительная стабильность, коэффициент поглощения светового потока, вязкость, летучесть, коэффициент энергии превращения.

Наземное обеспечение полетов авиации – важнейший фактор надежности эксплуатации воздушных судов, безопасности полетов и бесперебойного режима перевозок.

Механическое состояние и жесткий режим контроля эксплуатационных параметров средств, обеспечивающих подготовку воздушных судов к полету, имеют первостепенное значение для технических наземных служб. Достаточно большой и разнообразный по назначению арсенал специальной техники нуждается в оперативных и эффективных методах контроля за состоянием силовых установок и трансмиссий. Одним из таких методов предполагается контроль смазочных материалов, применяемых в них как индикатор технического состояния самого агрегата.

Важное значение при исследовании процессов старения смазочных масел занимают вопросы изучения кинетики окислительных процессов, протекающих в основном на поверхностях трения в тонких слоях под действием высоких температур. Эти факторы оказывают существенное влияние на изменение свойств смазочного материала и формирование защитных граничных слоев. В этой связи представляют практическое и научное значение исследования механизма окисления и влияния продуктов окисления на ресурс моторных масел; изменения моющих диспергирующих свойств и вязкости в процессе окисления; состава продуктов окисления.

Решение этих задач позволит формализовать основные подходы к разработке методов и средств контроля и состояния моторных масел в период эксплуатации ДВС, выявить основные закономерности окислительных процессов и их зависимость от широкого диапазона температур испытания.

Отличительной особенностью разработанной методики исследования термоокислительной стабильности является испытания моторных масел при циклическом изменении температуры испытания, что позволяет их сравнивать по количеству выдержавших циклов. Для исключения влияния металлов на окислительные процессы проба масла массой 100 ± 0,1 г испытывалась в стеклянном стакане и перемешивалась стеклянной мешалкой с частотой 300 ± 2 об/мин. Температура испытания задавалась дискретно в диапазоне от 150 до 180 °С через 10 °С в сторону ее увеличения и уменьшения, а во время испытания поддерживалась автоматически с точностью ± 1 °С. Время испытания при выбранной температуре составляло 6 ч. После каждого испытания стакан с исследуемым маслом взвешивался на электронных весах для определения летучести масла за 6 ч. испытания при заданной температуре, что позволяло определить температуру, при которой летучесть была минимальной.

После взвешивания отбиралась проба окисленного масла для фотометрирования и определения коэффициента поглощения светового потока и вязкости. Термоокислительная стабильность устанавливалась по изменениям коэффициента поглощения светового потока ($K_п$), вязкости (μ) и летучести (G) в зависимости от времени и температуры испытания.

Достоверность результатов окисления моторных масел оценивалась по сопоставимости трехкратных испытаний.

Разработанная методика исследования позволила получить зависимости интенсивности процесса окисления, обосновать энергетический критерий и его связь с концентрацией продуктов окисления, а также установить различия в процессах окисления минеральных, частично синтетических и синтетических масел (рис. 1–3).

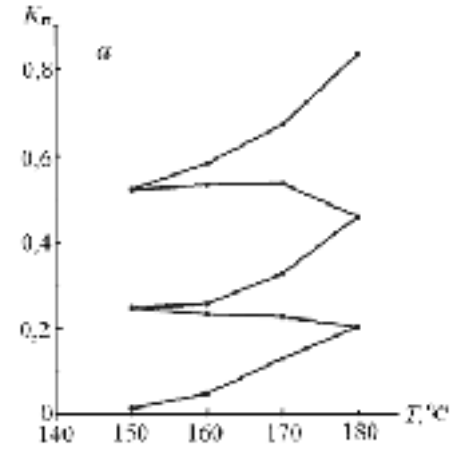
Зависимость изменения коэффициента поглощения светового потока $K_п$, относительной вязкости $K_м$ и летучести G от температуры испытания, при которых значения этих параметров изменялись минимально, т. е. процессы окисления практически останавливались, представлены на рис. 1. Количество циклов, выдержавших испытуемые масла до определенного значения коэффициента $К_п$ (рис. 1, *а*), позволяет сравнивать их по потенциальному ресурсу в выбранном диапазоне температур.

Пусковые свойства моторных масел определяются по характеру изменения вязкости $K_м = f(T)$ и летучести $G = f(T)$. Чем меньше интенсивность изменения этих параметров от температуры, тем выше пусковые свойства испытуемого масла.

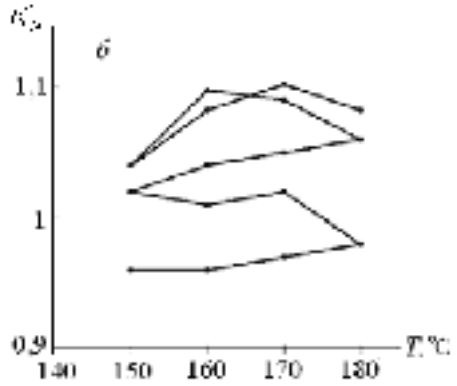
Склонность моторных масел к окислению при циклическом изменении температуры испытания оценивалась по зависимости $K_п = f(t)$ (рис. 2).

Представленные зависимости подтверждают влияние базовой основы на окислительные процессы. Так, минеральное масло М-10-$Г_2$к (кривая 1) и частично синтетическое Visco 3 000 SL/CF (кривая 2) характеризуются высокой интенсивностью окисления, а частично синтетическое масло Zic 5000 5W-40 CL-4 (кривая 3) и синтетическое Castrol GTX 0W-30 SL/CF (кривая 7) – наименьшей интенсивностью. По данным зависимостям можно сравнивать моторные масла по группам эксплуатационных свойств, ресурсу и склонности их к загрязнению масляных систем двигателей.

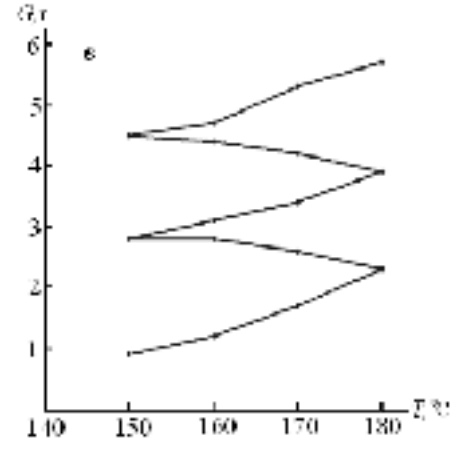
Летучесть моторных масел выражена коэффициентом летучести K_G, определяемым отношением испарившейся части пробы масла при испытании к оставшейся массе пробы. Зависимости коэффициента K_G от времени испытания при циклическом изменении температуры представлены на рис. 3. Наибольшей летучестью обладает масло Mobil Synts 5W-40 SL/CF (кривая 5), а наименьшей минеральное масло М-10-Г$_2$к (кривая 1) и синтетическое масло Castrol GTX 0W-30 SL/CF (кривая 7).



а



б



в

Рис. 1. Зависимость коэффициента поглощения светового потока: $K_п$ (*а*), относительной вязкости $K_м$ (*б*), летучести G (*в*) от температуры испытания минерального моторного масла М-10-Г$_2$к (толщина фотометрируемого слоя 2 мм)

Исходя из принципа самоорганизации коллоидных систем смазочный материал не может бесконечно поглощать тепловую энергию, поэтому часть ее преобразуется в продукты окисления и испарения. В этой связи энергия превращения $E_п$ может определяться как сумма коэффициентов поглощения светового потока $K_п$ и летучести K_G:

$$E_п = K_п + K_G. \quad (1)$$

Значение энергии превращения зависит от базовой основы моторного масла, группы эксплуатационных свойств, времени и температуры испытания (рис. 4). Так, минеральное масло Visco 3000 10W-40 SL/CF (кривая 2) преобразует наибольшее количество тепловой энергии за короткий период времени, а частично синтетическое масло Zic 5000 5W-40 CL-4 (кривая 3) и синтетическое Castrol GTX 0W-30 SL/CF (кривая 7) – наименьшее за 300 ч испытания.

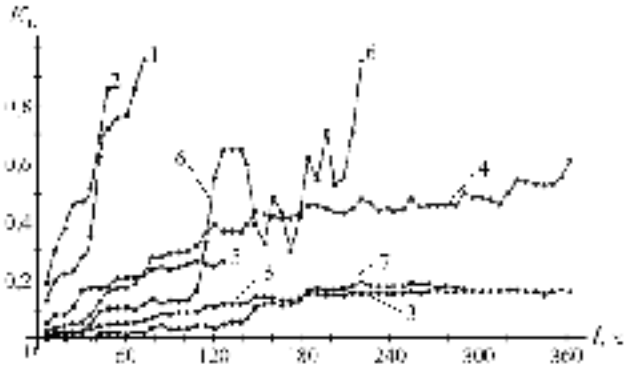


Рис. 2. Зависимость коэффициента поглощения светового потока от времени испытания моторных масел при циклическом изменении температуры: 1 – минеральное – М-10-Г$_2$к; частично синтетические: 2 – Visco 3000 10W-40SL/CF; 3 – Zic 5000 5W-30 GL-4; синтетические: 4 – Mannol Elite 5W-40 SL/CF; 5 – Mobil Synts 5W-40 SL/CF; 6 – Spectrol Polarm 0W-40 SJ/CF; 7 – Castrol SLX 0W-30 SL/CF

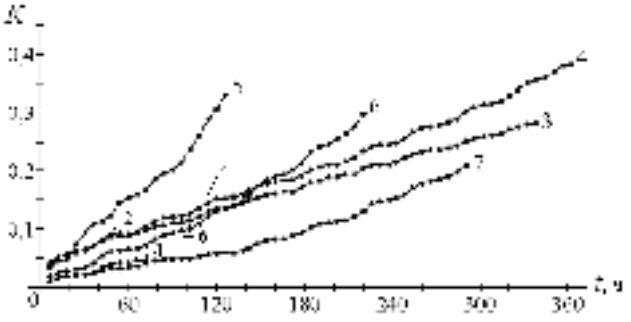


Рис. 3. Зависимость коэффициента летучести от времени и циклического изменения температуры испытания моторных масел

Связь между коэффициентами энергии превращения и поглощения светового потока (рис. 5) определяет количество тепловой энергии, затраченной на преобразование единицы продуктов окисления и испарившейся части масла при испытании, поэтому чем больше значение $E_п$ при определенном значении коэффициента $K_п$, тем выше термоокислительная стабильность моторного мас-

ла. Зависимости $E_п = f(K_п)$ для масел (кривая 1) и (кривая 2) имеют линейный характер, синтетические масла (кривые 4, 5, 7) и частично синтетическое (кривая 3) имеют два линейных участка. На втором участке наблюдается разброс значений коэффициента $E_п$ в связи с процессами релаксации и коагуляции продуктов окисления.

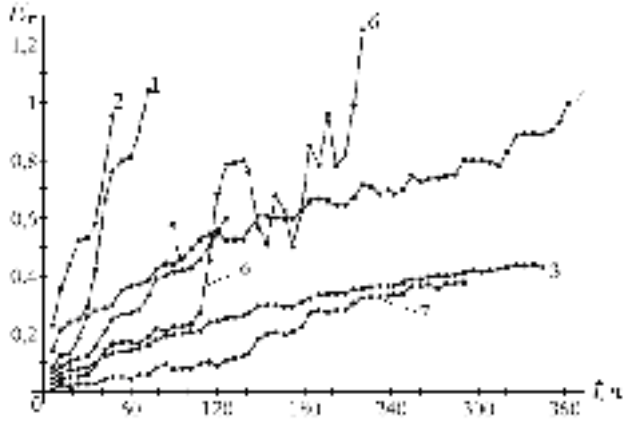


Рис. 4. Зависимость коэффициента энергии превращения от времени испытания моторных масел при циклическом изменении температуры от 150 до 180°С (усл. обозн. на рис. 2)

Начальные участки зависимостей описываются уравнением вида

$$E_п = aK_п + c, \qquad (2)$$

где a – коэффициент, характеризующий скорость процесса превращения; c – значение коэффициента $E_п$, при котором начинаются окислительные процессы.

Второй линейный участок зависимостей $E_п = f(K_п)$ (кривые 3, 5, 7) указывает на образование продуктов окисления, требующих большего количества тепловой энергии, а ее недостаток вызван расходом на испарение, поэтому на данном участке наблюдается увеличение коэффициента $E_п$ и замедление роста коэффициента $K_п$.

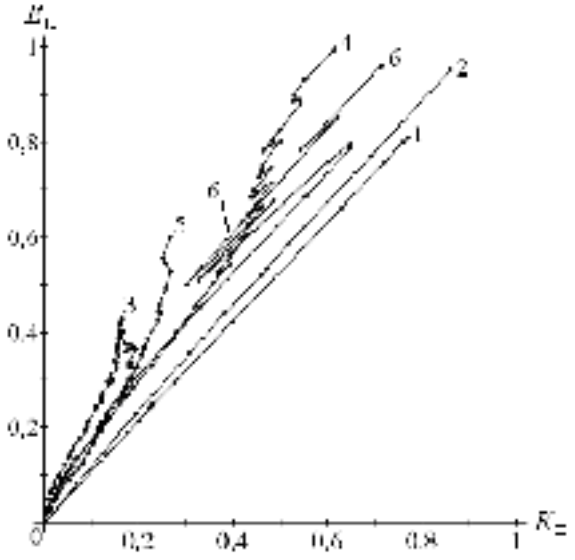


Рис. 5. Зависимость коэффициента энергии превращения от коэффициента поглощения светового потока при циклическом изменении температуры испытания моторных масел (условные обозначения на рис. 2)

При испытании синтетических масел Mannol Etite 5W-40 SL/CF (кривая 4) и Spectrol Polarm 0W-40 SL/CF (кривая 6) установлены большие колебания коэффициентов $E_п$ и $K_п$, вызванные изменением температуры испытания, однако начальные линейные участки присутствуют. Это может объясняться процессами релаксации при снижении температуры испытания.

Скорость изменения коэффициента $E_п$ на первом участке зависимости $E_п = f(K_п)$ предлагается в качестве критерия термоокислительной стабильности исследуемого масла и рекомендуется для применения при установлении или идентификации моторных масел по группам эксплуатационных свойств.

Для этого необходимо установить пределы изменения скорости процесса превращения избыточной тепловой энергии для каждой группы эксплуатационных свойств на основе статической обработки данных.

Одним из важных эксплуатационных показателей ресурса моторных масел является предельная температура работоспособности, при которой начинаются процессы превращения избыточной энергии в продукты окисления и испарения. В этой связи предложена модель, предусматривающая построение графической зависимости приращения коэффициента энергии превращения $E_п$ от температуры испытания. Температура испытания, при которой $\Delta E_п = 0$ (рис. 6) является предельной и определяет температурную область работоспособности испытуемого масла, выше которой образуются продукты окисления и испарения.

Так, предельной температурой работоспособности является: для минерального масла М-10-$Г_2$к (кривая 1) – 150 °С; частично синтетических Visco 3000 SL/CF (кривая 2) – 140 °С, Zic 5000 5W-40 CL-4 (кривая 3) – 150 °С; синтетических Mannol Etite 5W- 40 SL/CF (кривая 4) – 150 °С, Mobil Synts 5W-40 SL/CF (кривая 5) – 150 °С, Spectrol Polarm 0W-40 SL/CF (кривая 6) – 150 °С и Castrol GTX 0W-30 SL/CF (кривая 7) – 160 °С.

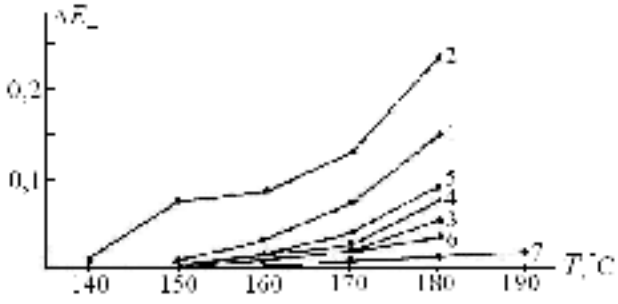


Рис. 6. Зависимость приращения коэффициента энергии превращения от температуры испытания моторных масел (условные обозначения на рис. 2)

Таким образом, для оценки качества моторных масел необходим комплексный метод. Его оценить одним каким-то показателем невозможно, поэтому в работе предлагается комплекс показателей, таких как коэффициент поглощения светового потока и энергия превращения, температура начала окисления и предельная температура работоспособности, которые повышают информацию об исследуемом смазочном масле.

1. Разработанная комплексная методика испытания моторных масел с циклическим изменением температу-

ры и применением простых средств измерения позволяет определить их термоокислительную стабильность, являющуюся интегральным показателем, отражающим влияние эксплуатационных факторов на состояние моторного масла.

2. Получены функциональные зависимости процесса окисления моторных масел при циклическом изменении температуры испытания различных базовых основ, выраженные коэффициентом поглощения светового потока, относительной вязкостью и летучестью от времени и температуры испытания, позволяющие количественно и качественно оценить их сопротивляемость окислению, склонность к загрязнению масляных систем двигателя, пусковые свойства, температурную область работоспособности и ресурс, а также идентифицировать на соответствие группам эксплуатационных свойств.

3. Предложен в качестве критерия термоокислительной стабильности коэффициент энергии превращения, определяемый суммой значений коэффициентов поглощения светового потока и летучести, характеризующий количество тепловой энергии, преобразованной в продукты окисления и конденсации, что позволяет сравнивать моторные масла по этому показателю, устанавливать их ресурс и использовать для идентификации или установления групп эксплуатационных свойств новых сортов масел.

4. Установлена линейная зависимость между коэффициентами энергии превращения и поглощения светового потока при циклическом изменении температуры испытания, а концентрация и состав продуктов окисления определяет характер изменения зависимости $E_п = f(К_п)$ и учитывает время и температуру испытания, что позволяет по аналитическим зависимостям определить скорость изменения процесса превращения, а по ее значению классифицировать моторные масла по группам эксплуатационных свойств.

5. Предложена модель определения температурной области работоспособности моторных масел, включающая построение зависимости приращения коэффициента энергии превращения от ступенчатого уменьшения температуры испытания, позволяющая установить температуру, при которой приращение равно нулю, что обеспечивает возможность сравнивать различные масла по этому показателю и определить предельную температуру, при которой окислительные процессы и испарение практически отсутствуют.

V. S. Danilenko, B. I. Kovalskiy, E. A. Vishnevskaya, Yu. N. Bezborodov, N. N. Ananjin

RESEARCH METHOD FOR THERMAL-OXIDATIVE STABILITY OF MOTOR OILS UNDER TESTING TEMPERATURE CYCLING

A research method for thermal-oxidative stability of motor oils under testing temperature cycling, evaluation criteria for the testing temperature effects on the oxidation processes and the oxidation product on the oil viscosity are represented.

Key words: thermal-oxidation, light flux adsorption factor, viscosity, volatility, transformation energy factor.

УДК 621.791.72

В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев, О. В. Розанов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ЛУЧА ОТНОСИТЕЛЬНО СТЫКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ[1]

Приведены описания и результаты некоторых экспериментов по изучению рентгеновского излучения, возникающего при электронно-лучевой сварке. Исследования проводятся с целью определения взаимосвязи излучения с процессом формирования сварного шва и использования излучения для управления сваркой.

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, вторичные излучения, рентгеновское излучение, управление.

Возможность применения рентгеновского излучения (РИ) для получения информации о состоянии процесса электронно-лучевой сварки (ЭЛС) основывается на знании физических законов возникновения РИ и взаимодействия его с веществом. Аналитическое описание названных закономерностей затруднено главным образом из-за отсутствия достоверных сведений о физических процессах, происходящих в канале проплавления. Это свидетельствует о целесообразности проведения экспериментальных исследований с целью разработки рентгеновских систем управления ЭЛС.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07-08-00179).

Информацию о положении электронного луча относительно стыка свариваемых деталей 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. Очевидно, время вывода должно быть таким, чтобы не произошло заметных изменений в сварочной ванне, а скорость перемещения луча должна обеспечить ввод энергии, недостаточной для оплавления кромок стыка.

В связи с этим рассматривается возможность получения информации при отсутствии оплавления кромок стыка и в случае, когда сварочный электронный луч находится в канале проплавления. Названные ситуации существенно влияют на аппаратный состав сварочного оборудования и в значительной степени определяют технологию ЭЛС. Поэтому целесообразно рассмотреть такие ситуации.

Исследования проведены на электронно-лучевой установке ЭЛУ-9Б с энергокомплексом ЭЛА 60/60 ($U_{уск.}$ = 60 кВ). С помощью манипулятора образец перемещался относительно электронного луча поперек стыка (рис. 1.). В качестве рентгеновского датчика использован блок детектирования стинцилляционный БДС-6. Измерение, обработка и вывод информации в цифровом и графическом виде осуществлялись с приходом каждого импульса с датчика поперечного перемещения деталей (1 000 имп./мм). Для преобразования сигнала датчика в цифровую форму применялся аналого-цифровой преобразователь (АЦП) параллельного преобразования. Относительные величины по оси ординат получены путем деления текущих значений интенсивности рентгеновского излучения J(e) на величину, соответствующую интенсивности излучения, возникающего на чистом металле $J_м$.

Исследования проведены в двух режимах: при отсутствии оплавления кромок и при сварке. В сварочном режиме дополнительно осуществлялось перемещение образцов в направлении сварки, а поперечное перемещение производилось многократно в разных направлениях.

По результатам экспериментов видно, что зависимости интенсивности рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка носят экстремальный характер, причем при отсутствии оплавления кромок характер экстремума – минимум (рис. 2.), а при сварке – максимум (рис. 3.). Интенсивность рентгеновского излучения пропорциональна плотности материала мишени (свариваемых деталей). В стыке плотность намного меньше, и часть электронов луча испытывает меньшее торможение. Поэтому при отсутствии оплавления и точном расположении луча на стыке интенсивность РИ оказывается минимальной (рис. 2).

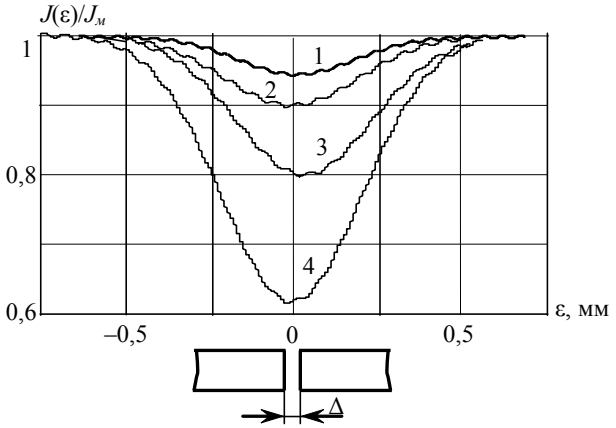


Рис. 2. Зависимость интенсивности рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка: материал – АМг-6; $U_{уск}$ = 60 кВ; $I_л$ = 1 мА; 1 – Δ = 0,01 мм; 2 – Δ = 0,05 мм; 3 – Δ = 0,1 мм; 4 – Δ = 0,2 мм

Относительные изменения интенсивности рентгеновского излучения при минимальных зазорах (Δ = 0,01 мм и менее) составляют примерно 5 % и менее. Это свидетельствует о необходимости специальных методов обработки сигнала датчика для выделения информации о по-

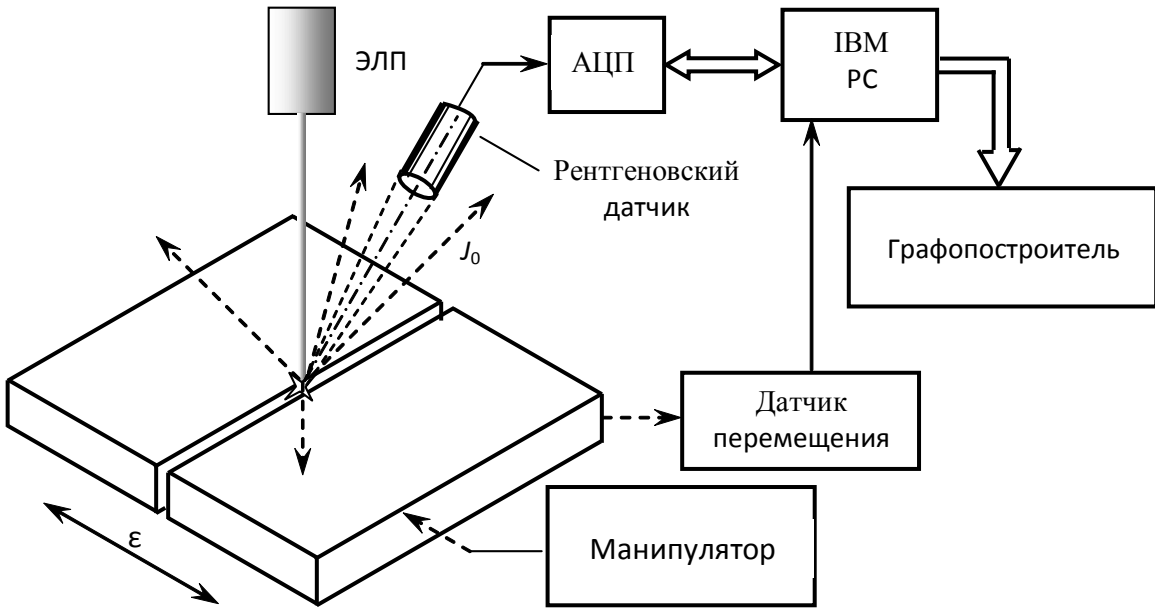


Рис. 1. Схема эксперимента по определению зависимости рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка

ложении луча относительно стыка и получения удовлетворительного соотношения сигнал/помеха в условиях ЭЛС.

Незначительные колебания кривых связаны с неровностями поверхности свариваемых деталей, из-за которых проявляется зависимость интенсивности рентгеновского излучения от угла падения электронного луча на поверхность.

В случае сварочного режима рентгеновское излучение исходит из дна канала проплавления и регистрируется датчиком с площади, определяемой размерами канала. При этом часть излучения на пути к датчику ослабляется слоем свариваемого материала, определяемого глубиной проплавления. В пределах зазора излучение не ослабляется. В связи с этим зависимости имеют экстремум – максимум (рис. 3).

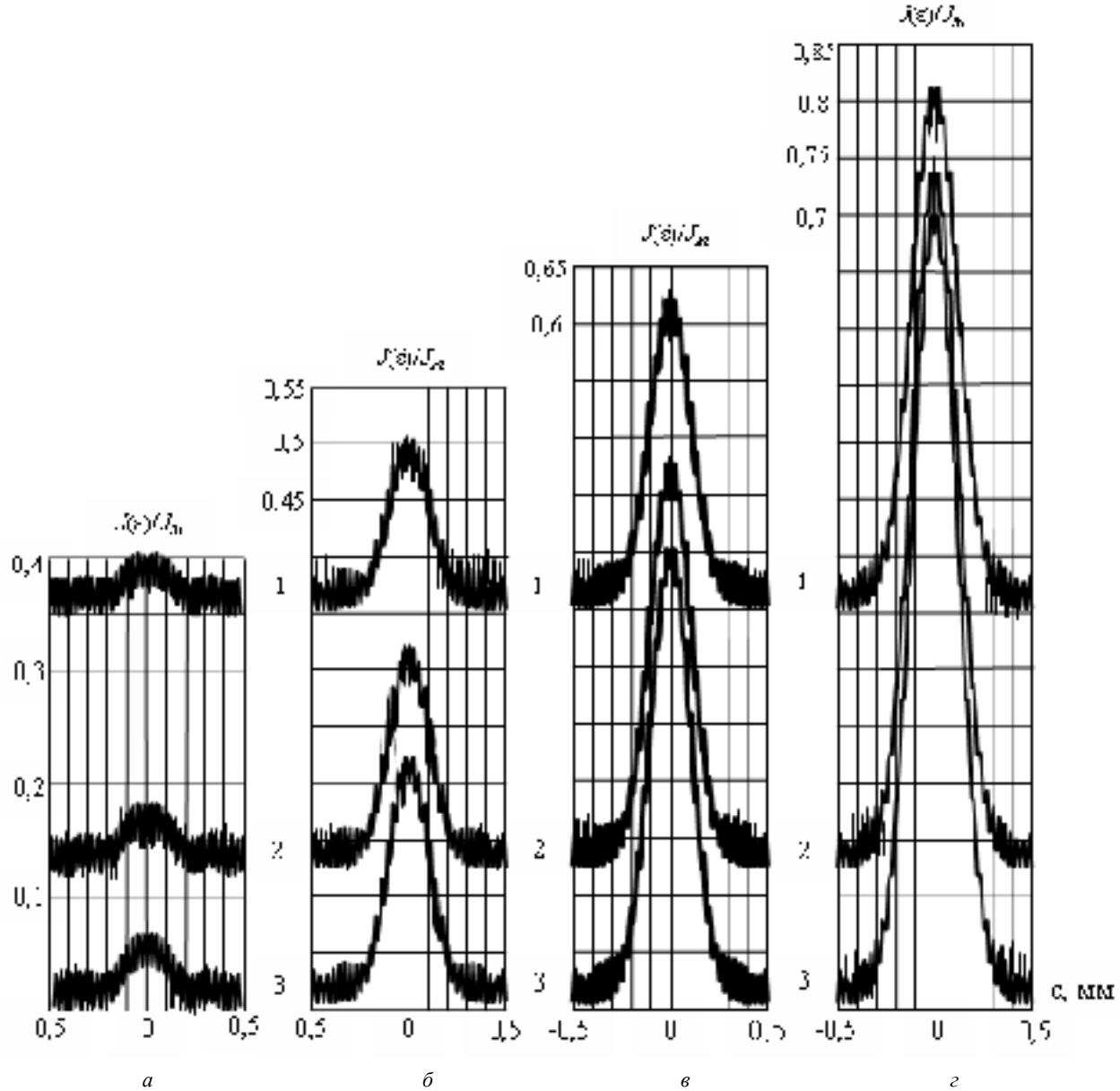
С уменьшением глубины проплавления увеличивается постоянная составляющая сигнала датчика, т. е. увеличивается уровень регистрируемого излучения. Это связано с уменьшением толщины материала, ослабляющего рентгеновское излучение.

Относительные изменения интенсивности рентгеновского излучения при различных зазорах и глубинах проплавления представлены в таблице.

На графиках рис. 3 и таблицы видно, что при зазорах в стыке, меньших 0,01 мм, относительные изменения интенсивности могут оказываться менее 1 %, что представляет известные трудности для выделения полезной информации.

С увеличением зазора относительные изменения интенсивности излучения увеличиваются (рис. 3, *б*, *в*, *г*). Это объясняется увеличением площади пространства, проходя через которое, рентгеновское излучение не ослабляется.

Увеличение относительного изменения интенсивности с увеличением глубины проплавления связано с уве-



а *б* *в* *г*

Рис. 3. Зависимость интенсивности РИ от положения луча относительно стыка при сварке: материал АМг-6; $U_{уск}$ = 60 кВ; *а* – Δ = 0,01 мм; *б* – Δ = 0,05 мм; *в* – Д = 0,1 мм; *г* – Δ = 0,2 мм; 1 – *h* = 5 мм; 2 – *h* = 10 мм; 3 – *h* = 25 мм; *h* – глубина проплавления

личением разницы в значениях интенсивностей неослабленного и ослабленного рентгеновского излучения (ослабление увеличивается, а неослабленное излучение практически не изменяется).

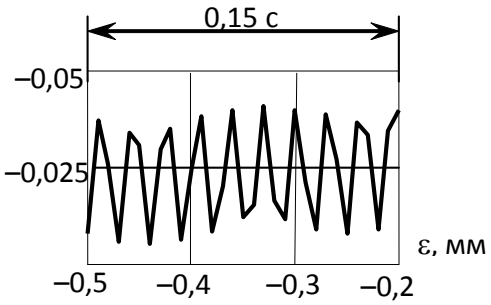


Рис. 4. К определению частоты колебаний

По результатам экспериментов можно оценить частоту колебаний. Графики (рис. 3) построены в реальном масштабе времени. Не представляет трудностей развернуть их во времени (рис. 4). Здесь представлен участок графика на пути перемещения луча от –0,5 до –0,2 мм при глубине проплавления 25 мм и зазоре в стыке $\Delta = 0{,}01$ мм (рис. 3, *а*, кривая 3). Скорость поперечного перемещения луча составляет 2 мм/с. Следовательно, время перемещения луча на 0,3 мм равно 0,15 с. В это время уложилось 9,5 колебаний, и, следовательно, частота колебаний в данном случае составляет ≈63 Гц. Колебания интенсивности РИ свидетельствуют о нестабильности положения луча в канале.

Экстремальный характер зависимостей интенсивности рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка определяет возможность использования известных способов поиска экстремума для реализации автоматического наведения луча на стык.

Результаты экспериментальных исследований дают возможность оценивать адекватность соответствующих математических моделей.

Относительные изменения интенсивности рентгеновского излучения

Глубина проплавления, мм	$\frac{J(0)}{J(0{,}5)} 100\,\%$ *			
	$\Delta = 0{,}01$ мм	$\Delta = 0{,}05$ мм	$\Delta = 0{,}1$ мм	$\Delta = 0{,}2$ мм
5	2	12	24	43
10	3	16,5	33,5	61
25	3,5	19	36	65

Примечание. * $J(0)$ – интенсивность рентгеновского излучения при $\varepsilon = 0$ (координаты луча и стыка совпадают); $J(0{,}5)$ – интенсивность рентгеновского излучения при $\varepsilon = \pm 0{,}5$ мм (луч смещен относительно стыка на 0,5 мм).

V. Ya. Braverman, V. S. Belozertsev, O.V. Rozanov

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE RELATION BETWEEN X-RAY RADIATION AND ELECTRON BEAM POSITION RELATIV TO THE JOINT DURING THE ELECTRON BEAM WELDING

Results of several experiments designed to study X-Ray radiation during Electron Beam Welding are presented. Interrelation between X-Ray radiation and the welding seam formation process is measured. The possibility of using the radiation in welding control considered.

Keywords: electron beam welding, secondary radiation, X-Ray radiation, control.

УДК 338.2

Э. А. Надыров, Д. А. Чудаев

ПРОБЛЕМЫ КРЕДИТОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

На основе зарубежного опыта представлена разработка комплекса организационно-методических предложений по совершенствованию системы управления инновационными процессами и кредитования инновационных производств.

Ключевые слова: инновационные производства, банковская сфера, кредитование.

Рост рынка финансовых услуг, формирование нового облика финансовых рынков и институтов в течение последних нескольких десятилетий невозможно представить без активной инновационной составляющей. Финансовая среда, обеспечивая приток необходимых ресурсов, создает условия для инновационной деятельности крупных корпораций, являющихся двигателем внедрения нововведений. Предложение новых товаров и услуг постоянно усложняется, требует больших инвестиций от среднего и малого бизнеса. В этом отношении в последние десятилетия ушедшего столетия расширились возможности использования финансовых ресурсов и финансовых механизмов, таких как фондовые биржи, венчурный капитал, банковские кредиты, что значительно ускорило формирование современной динамично изменяющейся инновационной среды.

К недостаточно изученным вопросам, с нашей точки зрения, относится разработка институциональных форм, эффективных структур и систем управления инновационной деятельностью. Совершенствование способов управления инновационными процессами на государственном уровне необходимо с учетом стремления России в перспективе стать лидером на мировом рынке не только в экспорте сырьевых, но и в производстве наукоемких товаров. Поэтому представляется важным изучение опыта развитых стран в использовании новых инструментов эффективного партнерства государства и частного бизнеса в поддержке инновационной деятельности компаний.

Тесное переплетение инноваций и финансовой среды считается чертой, раскрывающей феномен «новой экономики», в силу чего мы рассматриваем инновационные процессы в тесной взаимосвязи с изменениями финансовой сферы, и в частности, банковской сферы. Без понимания этих изменений невозможно осознать качественный сдвиг, произошедший в 1990-х гг. в сторону усиления роли инновационной составляющей в экономике в целом.

В настоящее время Россия в отдельных областях значительно отстала от мирового уровня инновационного развития производства. В связи с этим нуждаются в переосмыслении отдельные устоявшиеся категории и термины, применяемые для характеристики инновационного развития производства, а также методология анализа его эффективности.

Важным аспектом в совершенствовании методов управления научно-технического процесса является изучение опыта других стран. Остановимся подробней на опыте Германии, которая имеет одну из наиболее развитых экономик мира, с высоким доходом на душу населения, с развитой наукоемкой промышленностью. Большое влияние на рост экономики на протяжении нескольких десятилетий оказывают небольшие фирмы, то есть малый бизнес.

Малый бизнес Германии – один из самых активно развивающихся секторов экономики. Финансовая и технологическая поддержка предприятиям малого бизнеса оказывается на всех уровнях власти.

Программы содействия развитию малого бизнеса в Германии, как и в ряде развитых стран, предусматривают приоритетную поддержку прежде всего наукоемких отраслей производства. Льготное кредитование малого бизнеса со стороны государственных органов финансирования включает в себя следующие направления:

– кредитование малых и средних предприятий, ориентированных на инновационную деятельность;

– кредитование проектов, направленных на сохранение и улучшение благоприятной экологической обстановки, связанных с охраной окружающей среды;

– кредитование малого бизнеса, участвующего в развитии отсталых экономических регионов Германии;

– кредитование предприятий, занимающихся строительством и решением жилищных проблем;

– проектное финансирование предприятий, занятых в определенных отраслях, наиболее нуждающихся в коренной модернизации производства.

Основными программами развития малого и среднего бизнеса в Германии являются следующие:

– программа «Концепция развития научно-технической политики по отношению к предприятиям малого и среднего бизнеса»;

– программа «Стимулирование сбережений для открытия своего дела».

Первая программа обеспечивает финансирование малого бизнеса Германии, вторая способствует «start-up» проектам. Специальный государственный орган – Кредитный совет по восстановлению, подчиняющийся непосредственно федеральному правительству – призван контролировать реализацию вышеуказанных программ и обеспечивать механизмы их выполнения.

В рамках реализации федеральных программ предоставляются кредиты для бизнеса на льготных условиях. Данные условия предусматривают низкую процентную ставку (5…8 %) и длительные сроки кредитования (5–15 лет).

Отметим, что малый бизнес в Германии имеет свою специфику и историю развития. В частности, еще в эпоху зарождения капитализма, с появлением первых крупных предпринимателей, начали создаваться торгово-промышленные палаты, которые явились первыми объединения-

ми и союзами по сотрудничеству в сфере развития производства и торговли. В современной истории торгово-промышленные палаты развились до уровня государственных органов, и теперь каждый предприниматель обязан войти в состав палаты. Ни один правовой акт в Германии, касающийся малого бизнеса, не обходится без одобрения, согласования и утверждения торгово-промышленными палатами.

Ассоциация германских торгово-промышленных палат объединяет все палаты и представляет интересы предпринимателей на федеральном уровне. Основная задача этой ассоциации – сотрудничество и тесная работа с представителями торгово-промышленных палат стран Европейского союза. Вместе все ассоциации образуют Объединение торгово-промышленных палат Европейского сообщества.

В настоящий момент торгово-промышленные палаты Германии участвуют в формировании бюджетов всех уровней, развитии строительства и промышленности, подготовке законопроектов, касающихся регулирования деятельности малых предприятий. Торгово-промышленные палаты имеют большое влияние на все стороны жизни общества, участвуя в заседаниях местных органов самоуправления, принимая важнейшие социально-экономические решения в области развития страны. Это целая инфраструктура, в которой участвуют и представители СМИ, и консультационные службы. Основная приоритетная задача палат – оказание всяческой поддержки и помощи малому бизнесу Германии.

В российских условиях учет опыта построения взаимосвязи государства и бизнеса очень важен. В настоящее время можно с уверенностью сказать, что бизнес требует более тщательного подхода к проблемам, которые возникают на этапе открытия и дальнейшего роста предприятия. Возросшие потребности бизнесменов отечественная банковская система не способна удовлетворить из-за своей недокапитализированности. В этих условиях частичную нагрузку могло бы взять на себя государство. Такие проекты уже существуют, например строительство завода «Ситроникс» в подмосковном Зеленограде.

Именно банки призваны изучать потребности в инновациях и кредитовать инновационные проекты. Банковской системе России, в свою очередь, для осуществления инновационных проектов, а также для дальнейшего развития необходимо расширение собственной ресурсной базы. Проблема заключается в том, что для кредитования инновационных проектов банкам необходимы долгосрочные ресурсы. Однако кредиты, предоставленные банками на срок более 5 лет, не превышают 5 % общей массы, тогда как в европейских странах на такой срок выдается более половины всех кредитов. Активы российских банков в 7…12 раз меньше активов банков отдельно взятых западноевропейских стран, а по соотношению активов к ВВП Россия отстает в среднем на 200…250 %. Отмеченные проблемы имеют общегосударственное значение, поэтому их разрешение должно осуществляться при поддержке государства и с непосредственным участием государственных ресурсов.

Выделим факторы, оказывающие негативное влияние на кредитование инновационных проектов.

С точки зрения банков:

– непрозрачность данного бизнеса;

– недостаточная экономическая и юридическая грамотность большинства российских предпринимателей;

– отсутствие у предприятий ликвидных залогов;

– отсутствие реальной масштабной государственной поддержки;

– высокие риски невозврата кредитов.

С точки зрения предпринимателей:

– высокая стоимость кредитов;

– слишком жесткие условия получения кредитов;

– большие сроки рассмотрения заявок;

– недостаточная государственная поддержка;

– невозможность получить кредит на создание бизнеса «с нуля».

В процессе реализации инновационного проекта всегда высока вероятность того, что предприниматель не оправдает ожидания кредитора, т. е. не сможет вовремя или в полном объеме исполнить свои обязательства по инновационному кредиту. Следует подчеркнуть, что поскольку речь идет о кредитовании инновационных предприятий, то их будущая доходность в значительной степени связана именно с инновационным риском, величина которого отражает текущее состояние и перспективы реализуемых данными предприятиями инновационных проектов.

Большая вероятность реализации инновационного риска может впоследствии привести к значительным потерям со стороны кредитора. Данная проблема может быть решена посредством выпуска в обращение нового типа ценных бумаг – инновационных долговых обязательств (ИДО), являющихся по своему статусу производными ценными бумагами на акции инновационных предприятий.

Весь процесс управления рисками инновационного кредитования и контроля за ними должен быть ориентирован на выявление конкретных решений и действий банка, которые позволят минимизировать возможные убытки от внедрения инновационной составляющей кредитного портфеля банка. Другими словами, основной целью управления инновационными рисками и контроля за ними является минимизация возможных убытков банка с учетом стоимости контроля.

Эффективная система риск-контроля включает ту или иную форму анализа и проверок. Анализ, проводимый службой внутрибанковского контроля, основан на финансовой информации, предоставляемой различными подразделениями банка, задействованными в процессе инновационного кредитования, и служит, по сути, механизмом раннего предупреждения о наличии каких-либо изменений в операционной деятельности банка.

Следует стандартизировать и автоматизировать процедуру предоставления кредитов. На снижение ставок влияет усиление конкуренции, вследствие которой на рынке появляется большое количество предложений. Кроме того, в последнее время наметились тенденции активного включения в процесс кредитования государственных органов. Так, Банк Москвы и Фонд содействия кредитованию малого бизнеса заключили соглашение о сотрудничестве, в рамках которого Фонд предоставляет поручительства в качестве дополнительного обеспечения, компенсируя размер своего вознаграждения и ставки.

Существующие сегодня ставки кредитования обусловлены прежде всего высоким риском невозврата кредитных средств. Снижение ставок возможно при улучшении качества заемщиков. Как правило, положительная кредитная история позволяет клиенту взять кредит на более привлекательных условиях.

Банк должен совершенствовать технологию выдачи ссуды – технологию рассмотрения заявки, технологию обслуживания. Сейчас многие банки предлагают свои кредитные продукты на примерно одинаковых условиях, поэтому здесь начинает играть роль уровень сервиса.

Несмотря на наличие механизмов предупреждения и предотвращения проблем, всегда остается вероятность реализации неблагоприятных событий вследствие сложности условий либо их неверной оценки. Это приводит к необходимости удостовериться в отсутствии неблагоприятных последствий выполненных операций, связанных с процессом инновационного кредитования, либо, если неблагоприятных событий избежать все же не удалось, хотя бы минимизировать убытки для банка. Эту задачу решает выявляющая форма контроля. Она реализуется путем мониторинга уже проведенных операций, сделок и действий, совершенных в процессе инновационного кредитования. К такой форме контроля можно отнести мониторинг выданных «инновационных» кредитов. Выявляя непредотвращенные негативные явления, кредитная организация попутно совершенствует две другие формы контроля путем обнаружения условий, приведших к неблагоприятным событиям, для их последующего устранения.

Система «внутреннего контроля инновационной составляющей» также нуждается в постоянном мониторинге и оценке извне с целью выявления и устранения имеющихся недостатков и повышения эффективности деятельности. Оценочная форма контроля должна осуществляться, например, службой внутреннего аудита или внешним аудитором. Оценочная форма контроля не входит в систему внутреннего контроля, поскольку это приводило бы к конфликту интересов оценивающего субъекта. С этой целью внедрение инновационной составляющей в кредитный портфель банка должно сопровождаться контрольными мероприятиями, состоящими из следующих этапов:

– идентификации и оценки инновационных рисков в процессе разработки «инновационного» направления;

– разработки и утверждения регламентов и описания процедур управления инновационными рисками;

– идентификации и оценки инновационных рисков в процессе формирования и управления инновационным портфелем;

– идентификации и оценки инновационных рисков по отдельным проектам, суммарный проектный риск по которым превышает уровень отсечения;

– разработки и внедрения мер по минимизации инновационных рисков.

К основным задачам, которые должны быть решены службой риск-контроля в процессе инновационного кредитования, следует отнести следующие:

– определение ключевых моментов бизнес-процессов в деятельности инновационного подразделения;

– разработка методических рекомендаций для инновационного подразделения; планирование оперативного реагирования на возможные сбои в формируемой бизнес-системе;

– помощь инновационному подразделению банка в управлении инновационными рисками;

– выявление основных операционных рисков, возникающих в процессе инновационной деятельности банка;

– анализ операционных рисков, возникающих на стыке работы инновационного подразделения кредитного отдела и других структурных подразделений банка;

– выделение приоритетов в контрольной деятельности путем составления моделей, разработки процедур и тестовых систем для обеспечения контроля инновационной деятельности.

Результатом работы контрольных органов должно стать:

– лучшее понимание руководством и сотрудниками профильного подразделения рисков инновационной деятельности;

– оперативный сбор данных о существующих операционных рисках, сопровождающих инновационную деятельность;

– оперативный сбор данных о наиболее эффективных мерах контроля операционных рисков, сопровождающих инновационную деятельность.

Управление «инновационным» риском и его контроль должны осуществляться на основе экономической целесообразности, поэтому стоимость мер контроля должна быть меньше величины возможных потерь банков от этого риска, а определение приоритетных мер по управлению и контролю должно быть реализовано экономически эффективно при оценке соотношения расходов на внедрение контрольных процедур и размера возможных потерь.

Следует предположить, что своевременная разработка и внедрение указанных форм управления и контроля в операционную среду кредитной организации защитит состояние потенциального инновационного портфеля. Основываясь на информации, полученной в отношении отдельных кредитных сделок в процессе обсуждения и голосования, профильное подразделение кредитного комитета принимает решение о составе инновационного портфеля. В случае принятия положительного решения кредитный эксперт приступает к оформлению кредитной документации.

Мировой опыт показывает, что успешно действующие финансовые организации все чаще строят свою деятельность на основе новой экономической логики, которая устанавливает четкую взаимосвязь между производительностью привлекаемого капитала, инновациями и конкурентоспособностью. При этом значительный выигрыш имеют те кредитные организации, которые наиболее оперативно содействуют внедрению востребованных обществом технологических инноваций, т. е. размещают инвестиционный капитал в акции компаний, осуществляющих непрерывное технологическое обновление. Подобные инициативы приносят банкам дополнительную прибыль, поскольку стимулируют появление новых идей и технологий, в наибольшей степени удовлетворяющих общественные потребности. При этом снижение рисков «инновационного участия» является результатом тесного взаимодействия большого количества экономи-

ческих посредников, создающих своим агрессивным поведением эффективную информационную среду.

Выход банков за рамки традиционных функций посредничества и диверсификация банковского бизнеса, освоение банками торговых и инвестиционных операций, использование ими новых финансовых инструментов в значительной степени повысило требования к организации процесса управления банковскими рисками и их контроля. В связи с этим особое значение для специалистов банковского риск-менеджмента приобрели вопросы создания и адаптации новых финансовых инструментов и развития систем внутреннего риск-контроля.

Развитие новой банковской системы в России с самого начала сопровождалось целым комплексом мер нормативно-законодательного и организационного характера. Тем не менее, напрашивается вывод о постоянном отставании законодательной базы от потребностей участников финансового рынка. Лишь немногие преобразования реализовались в виде системного подхода.

В рамках такого «системного» подхода интересы инвесторов, способных предоставить «инновационный» капитал, должны как можно чаще согласовываться с интересами активных предприятий и организаций. При этом новая законодательная концепция в большей степени должна коснуться именно «инновационно» активных предприятий, т. е. тех, чья стоимость носит более «перспективный» характер.

Правильно выбранный курс реформ и грамотная политика руководства страны в конечном счете приведут к повышению инвестиционной активности, обновлению и модернизации предприятий. Это позволит за достаточно короткий срок восстановить докризисный уровень материального производства и доходов населения, создать условия для широкомасштабного жилищного строительства, активизировать предпринимательство.

Чтобы твердо двигаться в выбранном направлении, мы должны определить для себя целевые ориентиры. Выделим некоторые из них. Это – устойчивый рост валового внутреннего продукта темпами 6…8 % в год, повышение объемов промышленного производства ежегодно на 8…10 %, рост инвестиций не менее чем на 15…20 % в год, в том числе в наукоемкую промышленность и новые технологии – до 30…40 %, и в итоге – сбалансированный курс рубля к основным корзинам других валют. При этом рост реальных доходов населения не должен быть ниже 10 % в год.

Уже на первоначальном этапе ставку нужно делать на ускоренный инновационный экономический рост. Это позволит обеспечить дополнительную занятость трудоспособного населения, стимулировать конкуренцию, повысить благосостояние людей. Но останавливаться на этом не следует: важнейшей задачей будет начавшийся экономический рост из количества перевести в качество. Для этого нужно поддержать внутренний рынок, в том числе за счет платежеспособного спроса населения, создать условия, при которых оказались бы востребованными эффективно работающие производственные мощности и имеющийся экономический потенциал, что обеспечит дополнительный импульс загрузки предприятий, расширит рынки сбыта, обеспечит сырьевую базу и транспортную инфраструктуру.

На последующих этапах развитие реального сектора должно происходить на фоне изменений в отраслевой и технологической структуре, использования ресурсосберегающих и наукоемких технологий, а также адекватных перемен в производственном аппарате. Венцом структурных преобразований должна стать модернизация отечественного машиностроения.

E. A. Nadyrov, D. A. Chudaev

PROBLEMS OF INNOVATION INDUSTRIES CREDITING

Based on foreign experience the complex of organizational and methodological offers for the improvement of managing and crediting system of innovation industries is presented.

Keywords: innovation industries, banking, crediting.

УДК 330.332.54

Ф. В. Курзюкова, О. В. Гостева

ОСОБЕННОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА ПРОЕКТОВ НА ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Уточнены признаки проектно-ориентированных предприятий и условия их деятельности. Сделана попытка описать различия между командой проекта проектно-ориентированных и не проектно-ориентированных предприятий.

Ключевые слова: проектно-ориентированное предприятие, не проектно-ориентированное предприятие, команда проекта.

В последние несколько лет стремительно изменяются понимание и границы использования проектного подхода в управлении. Необходимость повышения результативности деятельности, концентрации усилий и ресурсов на процессах, создающих ценность, необходимость снижения непроизводительных затрат заставляют руководство предприятий искать более эффективные подходы к управлению. В качестве подхода, способного решать отмеченные проблемы, все чаще рассматривается проектный подход, одним из преимуществ которого является то, что он может быть использован наряду с имеющимися ранее инструментами управления и не требует кардинальных преобразований в структуре и процессах компании.

Начиная с 90-х гг., в теории проектного менеджмента появляется термин «проектно-ориентированное предприятие» (в 1990 г. на Всемирном конгрессе в Вене обсуждалась проблема дальнейшего развития проектного подхода – управление проектами в проектно-ориентированных организациях). К сожалению, данный термин на конгрессе не получил своего четкого определения и до сих пор в литературе нет однозначного определения проектно-ориентированных предприятий. Так, в частности, Р. Дж. Тернер считает, что «компанию можно назвать проектно-ориентированной, если она считает себя таковой и вырабатывает методы, организационную культуру и стратегию для ответа на появившиеся вызовы» [1]. Трудно согласиться с этим определением, поскольку для выполнения отмеченных Тернером задач компания может и вовсе не использовать проектный подход. Ряд авторов считает, что проектно-ориентированное предприятие – это организация, где большая часть продуктов или услуг производится по заказу клиентов [2]. Но в таком случае практически вся сфера услуг подпадает под это определение… По мнению Р. Гарейса, проектно-ориентированное предприятие обладает следующими четырьмя признаками:

– управление проектами является стратегией;

– при реализации комплексных процессов используются проекты и программы;

– существуют постоянно действующие внутренние структуры (офис проектов), осуществляющие интеграционные функции;

– сами сотрудники компании считают ее проектно-ориентированной.

Первые три признака, по нашему мнению, выделены вполне обоснованно, поскольку подчеркивают специфику организации управления такими предприятиями. Однако выделенных признаков недостаточно. Если рассмотреть уровни управления проектно-ориентированного предприятия (рис. 1), то проекты являются средством реализации выработанных стратегий развития предприятия

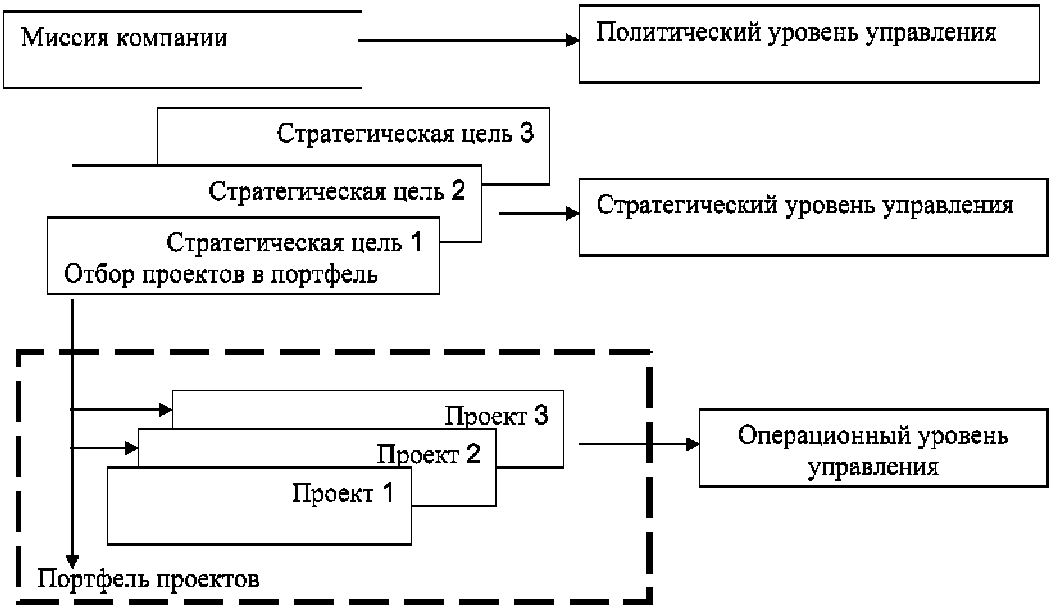


Рис. 1. Уровни управления в проектно-ориентированном предприятии

и сотрудники не просто считают компанию проектно-ориентированной – они являются участниками команды того или иного проекта.

Руководство предприятия при этом представляет политический и стратегический уровни управления: формирует портфель проектов, решает вопросы по финансовому и ресурсному обеспечению проектов; проводит оценку, анализ работы команды проекта (рис. 2).

Таким образом, под проектно-ориентированным предприятием мы будем понимать предприятие, которое обладает рядом следующих признаков:

– управление через проекты является направляющей стратегией менеджмента;

– на предприятии осуществляется управление портфелями проектов;

– стратегические цели предприятия достигаются через реализацию параллельных и последовательных проектов;

– предприятие имеет органы стратегического и оперативного управления проектами;

– предприятие выдвигает требования не только к технологии создания продукта, но и к технологии управления проектом;

– организационная структура используется проектная или матричная, но при этом проектные команды являются основной организационной единицей, поддерживаемой руководством предприятия, поскольку именно команда несет ответственность за конечный результат;

– изменяется представление об отделах – сотрудники отделов входят в состав команды тех или иных проектов;

– менеджер проекта рассматривается как основной субъект ответственности в корпоративном управлении;

– саморазвитие команд проекта является основным источником повышения результативности деятельности предприятия, его экономической эффективности;

– члены команды наделяются полномочиями, достаточными для достижения желаемого результата в рамках проекта;

– мотивация сотрудников, их зависимость от полученных результатов носит принципиальный характер, так как является основой взаимоотношений руководства предприятия и команды проекта.

Выделенные выше признаки проектно-ориентированных предприятий позволяют сформулировать особенности их деятельности:

– высокая ценность создаваемого результата, существенно влияющая на положение предприятия и показатели его деятельности;

– достаточные масштабы деятельности предприятия, позволяющие содержать органы, выполняющие координирующие, интегрирующие функции;

– необходимость повторного использования разработок при относительной уникальности каждого создаваемого продукта (объекта);

– необходимость сохранения корпоративного опыта для ускорения работы и повышения результативности последующих проектов;

– применение ресурсоемкой, «интеллектуалоемкой» технологии создания продукта, связанное с необходимостью коллективного использования больших объемов ресурсов, проектной и справочной информации;

– высокая организационная сложность проектов;

– реализация масштабных проектов, предполагающая участие множества территориально распределенных участников;

– высокая динамика изменений среды деятельности предприятия;

зависимость получения заказов предприятием от соблюдения целей, сроков, бюджета и стандартов качества проекта;

– высокая доля нерутинных решений, требующих высокого уровня квалификации исполнителей;

– наличие профессиональной заинтересованности в получении результата сотрудниками предприятия.

Очевидно, что проектный подход не для каждого предприятия является актуальным. Но если особенности деятельности предприятия близки к вышеописанным, то проектный подход способен существенно повысить результативность его деятельности.

Рис. 2. Организация управления в проектно-ориентированном предприятии

Для удобства приведем сравнительную характеристику проектно-ориентированных и иных предприятий (табл. 1).

Приведенная выше характеристика предприятий позволяет сделать существенный вывод: даже если предприятия, не будучи проектно-ориентированными, реализуют проекты и создают команды проектов, то по духу и смыслу их нельзя приравнивать к командам проектно-ориентированных предприятий. Команда для последних выступает как основная саморазвивающаяся организационная единица, которая несет ответственность за полученный результат.

При этом важно понимать, что предприятие является для команды той внешней средой, которая готова либо допустить и признать феномен команды и видоизменить отношения с ней (проектно-ориентированные), либо оставить прежние принципы взаимоотношений (не проектно-ориентированные предприятия), и тогда команда проекта становится лишь очередной разновидностью отдела, сформированного для временного выполнения определенных работ.

Команда проекта, по определению В. Михеева, это «феномен; самоуправляемый и саморазвивающийся субъект; сквозной развивающийся элемент технологии осуществления проекта. В рамках проектного менеджмента команда должна саморазвиваться, самоориентироваться и самомотивироваться» [3]. К сожалению, автор не оговаривает тип предприятия, условий, способных обеспечить существование данного феномена, хотя указывает, что влияние внешних факторов «…требует разработки новых подходов к деятельности по проектам». Видимо, проектно-ориентированные предприятия и есть та среда, которая позволяет команде проекта выступить в качестве самоуправляемого и саморазвивающегося субъекта.

Рассмотрим более подробно разницу между командами проектно-ориентированных и не проектно-ориентированных предприятий (табл. 2).

Наиболее четко позиция проектно-ориентированного предприятия понимается с точки зрения японского стандарта в области управления проектами (P2M). О глубине отличий P2M от традиционных в России подходов к управлению проектами можно судить по одному факту: роль контекстных ограничений в проектах по версии P2M выполняют сложность проблемы, ценность результата и сопротивление среды, в которой реализуется проект, а вовсе не привычные нам сроки и бюджет. Японские специалисты считают, что именно такой подход позволяет решать сложные проблемы, эффективно претворять в жизнь масштабные инновационные идеи.

Перечисленные в табл. 2 различия демонстрируют принципиально разные подходы к формированию, поддержке и оценке работы команды предприятиями, на которых она осуществляет свою деятельность. К сожалению, большинство авторов не делает различия между типами предприятий, а соответственно, и типами команд, рассуждая о методах формирования и развития команды проекта «вообще». Такие рассуждения вряд ли будут полезны и применимы для всех предприятий.

Отметим, что основная масса российских предприятий не имеет руководителей достаточно высокого уровня подготовки, уровня зрелости процессов управления проектами, уровня квалификации самих исполнителей, чтобы качественно реализовать проектный подход и обрести статус проектно-ориентированного предприятия. Команда проекта в силу недостаточной квалификации не всегда способна самостоятельно принимать и реализовывать решения, обеспечивая высокую результативность своей работы. Команда отнюдь не стремится брать на себя ответственность за результат – гораздо проще и привычнее выполнять текущие указания руководства. Хорошую команду проекта нужно выращивать, давая ей работать на другом

Таблица 1

Сравнительная характеристика предприятий

Характеристика	Не проектно-ориентированные предприятия	Проектно-ориентированные предприятия (ПОП)
Контролируемая технология	Создание продукта	Создание продукта и организационная технология управления проектами
Организационная структура	Любая	Проектная
Основная организационная единица	Отдел	Команда проекта
Зона ответственности	Выполнение функции (частичная ответственность)	Конечный результат (полная ответственность)
Интересы	У отделов различны	У команды едины
Координация	Руководство разноподчиненными отделами	Внутри команды один центр управления – менеджер проекта. Связи между командами несущественны
Саморазвитие	Саморазвитие отделов влияет на часть результата	Саморазвитие команд влияет на весь результат
Мотивация	Не связана с результатом работы, базируется на стандартной премиальной системе	Носит принципиальный характер, так как зависит от результата проекта
Принятие решения	Осуществляется руководством предприятия	Осуществляется командой проекта
Отношения команды с руководством	Начальник–подчиненный (директивное руководство)	Равный–равный (в пределах компетенции)
Влияние команды на результат	Не имеет, так как не наделяется достаточными полномочиями	Полное, поскольку наделяется достаточными полномочиями

уровне отношений с руководством, чем сейчас. Однако руководство предприятий (в подавляющем большинстве случаев) демонстрирует неспособность выстраивать отношения не по принципу «начальник–подчиненный», а на уровне переговоров («равный–равный»), и проявлять высокую степень доверия к подчиненным. Тем не менее, мы полностью согласны с мнением академика РАЕН и МАИНЭС В. И. Воропаева, что выход на новые горизонты профессионализма в управлении проектно-ориентированной деятельностью особенно важен именно сегодня и именно в России. Управление проектами, как новая управленческая культура и технология, позволило бы перейти к качественно иному уровню результативности деятельности предприятий. Конечно, переход на проектно-ориентированную деятельность требует от компании определенного уровня зрелости во всех процессах: иные требования будут предъявлены не только к различным элементам системы управления (организационной структуре, системе принятия решений). Будут изменяться требования к стилю руководства, вопросу мотивации команды проекта, уровню доверия обеих сторон на основе профессионализма и заинтересованности в конечном результате.

Надеемся, что уточнение признаков проектно-ориентированных предприятий и более детальное рассмотрение феномена команды проекта позволит практикующим специалистам более точно определить уровень зрелости управления проектами на своем предприятии и избежать многих заблуждений и разочарований в практике применения проектного подхода.

Библиографический список

1. Тернер, Р. Дж. Управление человеческими ресурсами в проектно-ориентированной компании / Р. Дж. Тернер // Управление проектами и программами. 2008. № 1. С. 64–72.

2. Михеев, В. Н. Технология самоорганизации команды менеджмента проекта: системный подход / В. Михеев, Е. О. Пужанова [Электронный ресурс] // CITForum. Электрон. дан. 2003. Режим доступа: http://www.citforum.ru/SE/project/menagment// Загл. с экрана.

3. Михеев, В. Н. Современная команда менеджмента проекта / В. Н. Михеев [Электронный ресурс] // Технологии корпоративного управления. Электрон. дан. Cop. 2002–2007. Режим доступа: http://www.iteam.ru/articles.php. Загл. с экрана.

Таблица 2

Сравнительная характеристика команды проекта для проектно-ориентированных и не проектно-ориентированных предприятий

Характеристика	Команда проекта проектно-ориентированных предприятий	Команда проекта не проектно-ориентированных предприятий
Структура команды	Определена, четко выражена	Не определена
Взаимоотношения с руководством	Формализованы в рамках договора	Не формализованы
Границы ответственности команды	На протяжении всего жизненного цикла проекта	Только фаза исполнения (реализации) проекта
Преобладающий тип ответственности	Командная ответственность	Личная ответственность
Компетенция	Команда имеет достаточные полномочия для реализации проекта	Команда не имеет самостоятельности в принятии решений по проекту
Мотивация	Зависит от результата	Не используется. Не зависит от результата
Саморазвитие	Является внутренней необходимостью в силу организационной целостности и наличия единой для всех зоны ответственности	Саморазвитие команды как целого ограничено в силу отсутствия общих интересов
Параметры оценки проекта	Целевая эффективность, актуальность результата	Сроки, стоимость
Параметры оценки работы команды	Выделяются	Отдельно не выделяются. Подменяются параметрами оценки проекта (отклонения по срокам, стоимости)
Контекстные ограничения	Сложность проблемы, ценность результата, сопротивление среды, в которой реализуется проект	Сроки, бюджет проекта
Оценка качества результата	По продукту и по процессу управления	По продукту
Приемка результата	Всегда формальна	Не всегда формальна

F. V. Kurzyukova, O. V. Gosteva

PECULIARITIES OF PROJECT MANAGEMENT AT PROJECT-ORIENTED ENTERPRISES

The features of project-oriented enterprises and the conditions of their activity are clarified. An attempt to describe the differences between the project teams of project-oriented and non-oriented enterprises is made.

Keywords: project-oriented enterprise, non-project-oriented enterprise, project team.

УДК 658.562

Н. И. Осипенко, И. В. Трифанов, Л. И. Оборина

МОТИВАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Рассмотрена взаимосвязь мотивации и управления персоналом с СМК.

Ключевые слова: персонал, мотивация, система менеджмента качества, ресурсы.

Внедрение стандартов ГОСТ Р ИСО серии 9000 в организациях представляет собой процесс целенаправленно вводимых организационных и процедурных нововведений в сложившуюся систему качества, а также в отношения между поставщиками и потребителями [1].

Огромную роль в достижении целей организации и решении задач в области качества играет персонал. Персонал является одним из важных ресурсов, действующих в организации, так как существенная роль в эффективной работе системы менеджмента качества (СМК) принадлежит ему. Для бизнеса важнее денег являются источники денег, т. е. потребители, а их интересует качество, цена, обслуживание, время исполнения заказа, система скидок и т. д. Эти вопросы напрямую связаны с системой качества. В связи с этим руководитель организации должен сам возглавить работу по качеству, а проблемы СМК распределить между всем персоналом согласно сфере ответственности каждого сотрудника. Для этого целесообразно создать систему, в которой люди правильно взаимодействуют друг с другом без вмешательства руководства, т. е. персонал работает в системе, а руководитель организации – над ее совершенствованием. Качество – это не только качество изделий, деталей, материалов, но и качество процессов их создания, а значит, и качество работы сотен и тысяч людей, составляющих данную организацию. Все они должны быть вовлечены в СМК. Накопленный опыт показывает, что персонал необходимо мотивировать к качественному труду и к участию в процессе постоянного улучшения системы менеджмента качества. Принуждение человека работать качественно не дает должного результата. Другой подход к мотивации: хорошая заработная плата, строгий спрос за обеспечение качества и боязнь потерять работу, по мнению многих специалистов передовых фирм, тоже не совсем эффективен, так как у работника сковывается инициатива. При этом он боится совершить ошибку, не рискует, находится в тени. Именно поэтому многие ученые рекомендуют для повышения эффективности СМК организации изживать страх у персонала [2]. Известно, если ошибки в работе влекут за собой санкции, каждый сотрудник предпринимает все для того, чтобы скрыть эти ошибки. Стоимость скрытой ошибки в несколько раз превышает стоимость выявленной. В связи с этим рекомендуется наказывать людей за ошибки крайне редко и только в тех случаях, когда установлен злой умысел либо злостная халатность.

Для повышения эффективности СМК необходимо устранить барьеры между отдельными структурами в вертикальных (между руководителями и сотрудниками) и горизонтальных (между отдельными структурами и их сотрудниками) направлениях.

Важно оптимизировать отношения внутри организации между отдельными должностными лицами, а также отношения между заказчиком и поставщиком.

Для того чтобы персонал лучше понимал требования к его работе, необходимо внедрить карты со статистическими показателями и систему регулирования процессов с помощью статистических методов. При этом исключается формализм и повышается достоверность менеджмента качества, так как должен постоянно проводиться сбор данных, анализ процессов обработки информации и управления процессами. Каждому руководителю фирмы необходимо довести до сотрудников организации философию качества предприятия: согласовывать краткосрочные требования с долгосрочной ориентацией. При этом следует не допускать выполнения работ, не имеющих смысла. Необходимо выдвигать требования постоянного усовершенствования вместо произвольных целей и обеспечить возможность гордиться своей работой, т. е. устранить все, что ставит под сомнение возможности каждого рабочего и менеджера на производстве и в организации в целом [2]. Создание творческой атмосферы и условий для сотрудничества позволит персоналу лучше адаптироваться к новым стандартам и требованиям. Существует мнение, что никто не сможет сделать организацию богатой, кроме людей, которые работают в ней [2]. В связи с этим подготовка кадров является одним из способов достижения эффективности в деятельности организации. Руководство должно проводить программы систематического обучения и подготовки персонала, помогая полному раскрытию возможностей каждого работника. Подготовка представляет собой обучение навыкам, позволяющим поднять производительность труда, обеспечить требуемое качество [2].

Главная цель обучения должна заключаться в обеспечении организации достаточным количеством людей с навыками, необходимыми для достижения целей организации. Главной целью организации является улучшение бизнеса и своих возможностей.

Обучение необходимо производить в трех случаях: когда человек поступает в организацию; когда работника назначают на новую должность или поручают другую работу; когда проверка показывает, что у персонала не хватает определенных навыков для эффективного выполнения своей работы [3].

Каждая организация должна сама определить потребность в обучении, выбрать методы и способы проведения обучения, а также рекомендации по оценке результативности его проведения. Процесс обучения персонала играет первостепенную роль в развитии и совершенствовании любой организации, так как в современных усло-

виях нужны грамотные и думающие специалисты. В СМК организации актуальной является разработка документированных процедур «Методика подготовки и аттестации персонала» и «Методика оформления персонала». Данные документы регламентируют общие требования к подготовке, аттестации и оформлению персонала, а также устанавливают матрицу ответственности и процедуру оформления кадровых документов. Затраты на обучение должны рассматриваться как необходимые инвестиции. Необходимо создать эффективную программу обучения и атмосферу самосовершенствования для каждого сотрудника. Учить сотрудников выгоднее, чем менять их [4].

Обучение персонала представляет собой часть системы мотивации, так как при этом повышается мастерство исполнителей, за которое устанавливаются бонусы при материальной мотивации. Обучение людей одновременно обогащает их и воспитывает в духе преданности интересам организации. Мотивация отражает состояние личности и определяет, насколько активно и с какой направленностью человек действует в определенной ситуации [3]. Мотив – это повод, причина необходимости действовать, побуждение к чему-либо.

Сопротивление изменениям возникает у персонала всегда, когда организационные изменения влекут за собой разрыв в сложившемся поведении, критериях и структуре управления [2]. В связи с этим для повышения эффективности управления персоналом и его работой необходимы ресурсы для материальной мотивации. Эти ресурсы могут определяться экономией, достигнутой за счет совершенствования процессов СМК, например, путем снижения технологических потерь. Рекомендуется стимулировать персонал не только за качественное выполнение стандартных процессов, но и за их совершенствование, а также совершенствование продукции. Причем совершенствование процессов и их мотивация должны выдвигаться на первый план. Общее материальное стимулирование персонала должно включать кроме базовой зарплаты, например, за изготовление плановой продукции при соблюдении всех параметров технологического процесса, также оплату по системе бонусов [4]. В систему бонусов необходимо вводить стимулирование за мастерство, определяемое уровнем вариабельности процессов, например, за совершенствование технологии, за выявление непроизводственных потерь и другие мероприятия по совершенствованию СМК [5; 6].

Для руководства необходимо устанавливать бонус за добавление стоимости, который прямо пропорционален бонусам за мастерство и снижение потерь, устанавливаемым для конкретных исполнителей. Целесообразно также назначение определенного бонуса для работников, занятых на ключевых процессах СМК организации. По мнению известного специалиста в области мотивации Иосио Кондо, даже профессионально разработанная СМК не будет работать, если персонал не мотивирован. Рекомендуется использовать индивидуальные, групповые и корпоративные элементы мотивации по уровням. Например, на первом уровне, который создает защищенность, должен устанавливаться гарантированный минимум оплаты труда и социальный пакет. На втором уровне должна осуществляться индивидуальная мотивация, например, доплата за квалификацию, качество работы. Разработка индивидуальной моральной мотивации повышает самооценку работника, создает базу для интеллектуального и профессионального его роста.

Групповой уровень мотивации предполагает начисление определенного процента от выработки отделам, командам, процессам. Командная работа является мотивирующим фактором, закрепляя сопричастность каждого сотрудника общему делу [4]. Этот уровень мотивации сплачивает сотрудников, позволяет установить между ними доверительные отношения. Корпоративный уровень мотивации предполагает бонусы по итогам работы организации в целом, развитие корпоративной культуры. Этот уровень выступает как инструмент формирования удовлетворенности и лояльности персонала. При разработке системы мотивации обязательными составляющими должны стать моральная и организационная мотивация.

Мотивация должна быть адресной и обоснованной, взаимоувязанной с процессом оценки. В качестве метода оценки выполнения поставленных целей может быть использована методология «Управление по целям», когда в рамках оценочного собеседования происходит обсуждение, постановка и согласование целей и затем в установленный период оценивается выполнение задания [4].

Для этого необходима трансляция стратегических целей организации на уровень исполнителей, выстраивание иерархии целей, например, стратегия организации на пять лет, план на год по организации, план на год по подразделениям, персональный план на год. При этом все уровни целей должны быть гармонизированы между собой. Для оценки работы по достижению целей следует разработать сбалансированную систему показателей (ССП), включающую в себя индикаторы финансовые, бизнес-процессы, производственные процессы, обучение, развитие. При этом руководство организации должно выступать не только в качестве контролера, но и как партнер, способный помочь персоналу в осуществлении поставленных задач.

Опыт внедрения ССП в красноярских фирмах при выстраивании системы мотивации, ориентированной на СМК, показал, что уже на начальных этапах мотивация персонала существенно возрастает, цели становятся понятными, формируется командный и корпоративный дух. При этом увеличивается эффективность труда, повышается качество, сокращаются издержки производства, идет непрерывное совершенствование процессов. Персонал при этом осознает себя как главную ценность организации, с большей готовностью принимает на себя ответственность за выполнение работы, не сопротивляется перспективным нововведениям, что сокращает срок их внедрения. Каждый работник организации быстрее думает, включается в решение проблем, следовательно, повышается его индивидуальная «рентабельность».

Оплата труда при мотивации персонала, рассчитанная по методу самооценки, может быть определена по формуле

$$Z_i = F_i + \frac{C}{100} P,$$

где Z_i – итоговый размер оплаты труда подразделения; F_i – фиксированная часть оплаты труда; C_i – оценка работы подразделения; P – размер переменной оплаты труда.

Работа подразделения оценивается по формуле

$$C = \sum_{i=1}^{n} \alpha B_i + \sum_{i=1}^{n} \beta S_i + \sum_{i=1}^{n} \gamma D_i + \sum_{i=1}^{n} \delta E_i,$$

где C – интегральный показатель самооценки, $i = 1 \ldots n$ – подразделения организации; α – вес оценки достижения цели; B_i – оценка достижения цели (рассчитывается как средняя оценка за установленный период времени); β – вес оценки соответствия стандартам качества (рассчитывается по числу результативных мероприятий по исправлению выявленных несоответствий в ходе внутренних проверок); S_i – оценка соответствия стандартам качества (рассчитывается по числу результативных мероприятий по направлению выявленных несоответствий в ходе внутренних проверок); γ – удельный вес результативности процессов организации; D_i – оценка результативности процессов организации (рассчитывается как сводная оценка процессов, включающая оценки хода, результативности и зрелости процесса по эффективности); δ – вес оценки удовлетворенности потребителя; E_i – оценка удовлетворенности потребителей (определяется путем опросов потребителей).

Весовые коэффициенты $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$.

Предлагаемая зависимость позволяет привести к интегрированной оценке такие разноплановые показатели деятельности организации, как степень достижения подразделением целей, соответствие продукции стандартам качества, функционирование процессов и удовлетворение потребителей качеством работы.

Деятельность подразделения персонала организации должна оцениваться регулярно. Интегральная оценка показателей создает основу для планирования улучшений и совершенствования СМК организации [5; 6].

Таким образом мотивация персонала является важнейшим направлением повышения эффективности СМК организации.

Достижение максимальной эффективности персонала может быть реализовано через эффективный диапазон форм мотивации, сбалансированную систему показателей, доведение стратегических целей до каждого сотрудника, а также через интегральную оценку деятельности подразделений и структуру заработной платы каждого работника организации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Системы менеджмента качества. Требования. Введ. 31.08.2001. М. : Изд-во стандартов, 2001. 20 с.

2. Богданов, Ю. Н. Мотивация персонала / Ю. Н. Богданов, Ю. В. Зорин, Д. А. Шмохин // Методы менеджмента качества. 2001. № 11. С. 14–19.

3. Швец, В. Е. Измерение процессов в современной системе менеджмента качества / В. Е. Швец // Стандарты и качество. 2001. № 1. С. 11–13.

4. Владимирцев, А. В. Системы менеджмента качества и процессный подход / А. В. Владимирцев, О. А. Марценковский, Ю. Ф. Шеханов // Стандарты и качество. 2003. № 2. С. 17–22.

5. Использование процессного подхода в системе менеджмента качества // Стандарты и качество. 2004. № 8. С. 14–17.

6. Трифанов, И. В.Сертификация систем менеджмента качества : учебное пособие / И. В. Трифанов, О. В. Смелая ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2005. 84 с.

N. I. Osipenko, I. V. Trifanov, L. I. Oborina

MOTIVATION AND MANAGEMENT PERSONNEL AS AN INTEGRAL PART OF SYSTEM MANAGEMENT QUALITY

Motivation and management personnel with system management quality are examined.

Keywords: personnel, motivation, system management quality, resources.

УДК 338.24.021.8

В. Ф. Лукиных

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТАВОК В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В результате анализа деятельности предприятий аэрокосмической отрасли и их партнеров-поставщиков и потребителей выявлены предпосылки реорганизации их отношений в логистическую сеть поставок на базе принципов управления цепями поставок (SCM). Предложена модель сетевой структуры цепей поставок и содержание блока элементов управления структурой.

Ключевые слова: предприятия аэрокосмической отрасли, логистическая цепь поставок.

В странах с развитым наукоемким производством невозможно представить полноценное производство без логистической поддержки, поскольку логистика охватывает и системно объединяет разнообразные, крайне необходимые для таких производств виды деятельности – информационные коммуникации, управление запасами, снабжение, сбыт, производство, сервис, транспортирование, складское хозяйство, упаковку, управление человеческими ресурсами и денежными потоками.

Логистика – деятельность по управлению материальными, информационными, финансовыми и кадровыми потоками путем их системной координации, оптимизации и интеграции. Логистика, по существу, – важнейшая сфера компетентности предприятия, вносящая большой вклад в создание добавленной потребительской стоимости. Стратегическое преимущество предприятия имеет в своей основе интегрированную логистическую систему. Предназначение логистики – обеспечить получение продукции и услуг там, где они необходимы, точно в срок, в нужном количестве и с требуемым качеством.

В настоящее время, благодаря высокому уровню информационных технологий, происходит слияние сфер деятельности логистики в информационном поле, превращая логистику в стратегическую инновационную систему. Сегодня недооценивать эту инновационную сферу бизнеса и экономики, по крайней мере, недальновидно. Развитие аэрокосмической отрасли требует рассматривать логистику как необходимый методологический инструмент координации, оптимизации и интеграции всех предприятий и организаций, участвующих в создании, эксплуатации и модернизации аэрокосмической продукции.

Рассмотрим один из новых проектов аэрокосмической отрасли [1] с точки зрения логистической технологии SCM (управления цепями поставок) – инновационный проект «Солнечный кластер» – производственную цепь поставок в логистической системе аэрокосмической отрасли Красноярского края (рис. 1).

В проекте наименование «кластер» присвоено группе предприятий, занимающихся переработкой кремния. На наш взгляд, кластер должен состоять из цепей поставок наукоемких производств, конечным продуктом которых будет создание элементов для солнечных батарей и непосредственно солнечных батарей. Это масштабный проект, и в Красноярском крае существуют предпосылки для его реализации: есть крупнейшее месторождение поликристаллического кремния, разработаны технологии для его глубокой переработки, имеется научно-технический и организационный потенциал для развития и модернизации производств по созданию компонентов солнечной энергетики. Перечисленные ресурсы могут стать элементной базой для предприятий, которые можно будет объединить в цепи поставок.

Так, в сентябре 2008 г. в городе Железногорске Красноярского края начал работу завод по производству поликристаллического кремния из кремниевого сырья. Проектная мощность производства рассчитана на выпуск 2 тыс. т поликристаллического кремния в год. Для достижения проектных объемов потребуются инвестиции в размере 35 млрд руб. (более 1,3 млрд долларов).

Важно то, что развитие завода поликристаллического кремния способствует развитию нескольких предприятий, обеспечивающих его работу. Все вместе они способны сформировать производственную часть цепи поставок. Одним из таких предприятий называют Красноярский машиностроительный завод «Красмаш». Его задача – разработка и изготовление установок для производства полуфабрикатов поликристаллического кремния из кремниевого сырья. Для решения этой задачи у завода имеются соответствующие технологии и кадровый потенциал.

Следующим звеном производственной части цепи поставок станет Красноярский завод цветных металлов и золота. Здесь уже сейчас осваивается производство монокристаллического кремния из поликристаллического.

Но для того, чтобы из монокристаллического кремния создавать фотоэлементы и космические солнечные батареи, необходимо построить новый высокотехнологичный завод. Поскольку завод будет ориентирован в части продукции на экспортный вариант, то его планируется построить в портовой особой экономической зоне вблизи Красноярска. Данная зона имеет льготный режим таможенного налогообложения для импортных и экспортных операций. Это позволит дополнительно уменьшить себестоимость конечной продукции в производственной цепи поставок и сделать конечную продукцию более конкурентоспособной на международном рынке.

Для реализации проекта «Солнечный кластер» потребуется привлечь около 5 тысяч высококвалифицированных инженеров и рабочих. Подобный кадровый потенциал в настоящее время отсутствует. Подготовить их в краткие сроки – за 2–3 года – это сложная задача, вставшая перед Сибирским федеральным университетом и Сибирским государственным аэрокосмическим университетом в Красноярске. С этой целью университеты должны пересмотреть состав и содержание учебных программ, рассмотреть ресурсные возможности программ

MBA и дополнительного профессионального образования по логистике и управлению цепями поставок. Задача важная, ведь в перспективе реализация проекта позволит привлечь порядка 10 млрд руб. налоговых поступлений в год в бюджеты всех уровней – муниципальные, региональный и федеральный.

Главными участниками проекта выступят госкорпорация «Росатом», госкорпорация «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)», правительство Красноярского края, Федеральное космическое агентство. Правительство России планирует рассмотреть этот проект с целью полномасштабного финансирования.

Проект «Солнечный кластер» связан с инновационным проектом «ГЛОНАСС», представляющим собой цепь поставок в информационной логистической системе аэрокосмической отрасли Красноярского края. Формирование производственной цепи поставок по созданию солнечных батарей востребовано этим важнейшим проектом по созданию глобальной навигационной спутниковой системы – ГЛОНАСС. В соответствии с Федеральной целевой программой по созданию информационной спутниковой группировки на околоземной орбите, в 2009 г. космическая навигационная система должна состоять из 27 космических аппаратов. К концу 2008 г. на орбите Земли уже работает 17 космических аппаратов (рис. 2). В настоящее время правительство Красноярского края при участии Федерального космического агентства разработало программу «Использование результатов космической деятельности в интересах социально-экономического развития Красноярского края». На эту программу из средств регионального бюджета будет выделено 887,2 млн руб. в течение 2009–2011 гг. Эти средства пойдут на создание базовой инфраструктуры космического мониторинга и навигации, систем диспетчеризации транспорта, комплексов диагностического зондирования Земли и подготовку специалистов.

Цель программы – создание системы высокоточной навигации на основе ГЛОНАСС на транспорте, системы дистанционного зондирования всех лесных и водных ресурсов территории региона (рис. 2, 3). Навигационная система ГЛОНАСС может быть использована для мониторинга сельскохозяйственных посевов, запасов гидроресурсов, для прогнозирования интенсивности паводков. Одним из результатов космического мониторинга к настоящему времени является сокращение ущерба от лесных пожаров в десять раз, потому что сегодня в каждом лесничестве есть доступ к данным космического мониторинга. Теперь информация о возникновении очага возгорания в лесном массиве поступает в момент возгорания, что позволяет в течение суток приступить к тушению пожара. Это крайне важно для огромных по масштабам территорий российских регионов, а также для труднодоступных и малонаселенных горных районов. Через спутниковую систему можно осуществлять мониторинг экологического состояния территорий разработок новых месторождений и прокладки газо- и нефтепроводов. Создание системы экологического мониторинга требует инвестиционных затрат в размере 900 млн руб. Часть средств будет направлена на использование навигационной системы на пассажирском городском и пригородном транспорте в проекте «Сити-логистика», а другая часть средств будет вложена в создание наземных спутниковых станций для межевания земельных участков. Это позволит повысить точность и сократить сроки проведения геодезических изысканий. Кроме этого, будет создаваться региональный географический портал, чтобы обеспечить доступ всем гражданам к картографическим данным космического мониторинга.

Исследование состояния существующих связей предприятий аэрокосмической отрасли с предприятиями Красноярского края позволяет отметить, что с одной стороны, взаимоотношения между участниками не пред-

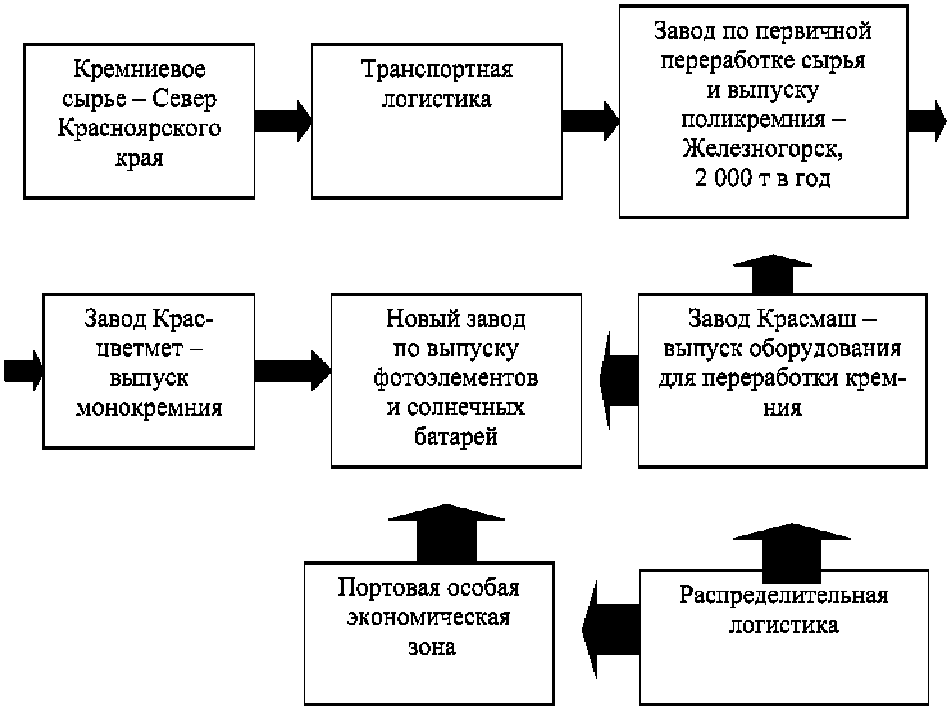


Рис. 1. Производственная цепь поставок в проекте «Солнечный кластер»

ставляются логистически ориентированными, а строятся на принципах неразвитых предпринимательских отношений. С другой стороны, статус аэрокосмической продукции, наличие в Красноярском крае базовых предприятий – лидеров аэрокосмической отрасли, большое количество поставщиков наукоемких комплектующих для не менее наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью создали предпосылки для реорганизации отношений между участниками в логистическую цепь поставок на принципах интегративных коммуникаций и логистического менеджмента.

Глобальный уровень конкуренции в аэрокосмической отрасли должен побудить руководителей российских предприятий аэрокосмической отрасли, руководителей предприятий-поставщиков и предприятий-потребителей понять, что успешность каждого из них определяется интеграцией ключевых бизнес-процессов всех участников цепей поставок и согласованное управление ими. При этом управление цепями поставок должно реализоваться в системном плане, что позволит использовать весь экономический и ресурсный потенциал с наибольшей выгодой для каждого из них.

С учетом большого количества эксклюзивных поставщиков, для изделий аэрокосмической отрасли можно рекомендовать представить цепь поставок в форме сетевой структуры (рис. 4). В этом случае модель управления цепью поставок (SCM) по Д. М. Ламберту [2] можно представить как комбинацию трех тесно взаимосвязанных элементов:

1) структуры цепей поставок, а это – сеть цепей поставок и связей между ними;

2) бизнес-процессов, происходящих в цепях поставок, а это – виды деятельности, предоставляющие потребителям конкретную ценность;

3) компонентов управления цепями поставок, а это – управленческие решения, при помощи которых бизнес-процессы интегрируются и управляются в пределах всех цепей поставок.

Сочетание этих элементов достаточно точно представляет сущность технологии SCM – управления цепями поставок.

В таком представлении модель взаимодействия предприятий аэрокосмической отрасли, ее поставщиков и потребителей позволит перевести аэрокосмическую отрасль на очередной, более эффективный рыночный эволюционный уровень.

На основании вышеизложенного можно сказать, что для аэрокосмической отрасли как инновационной отрасли, требующей посреднического участия большого чис-

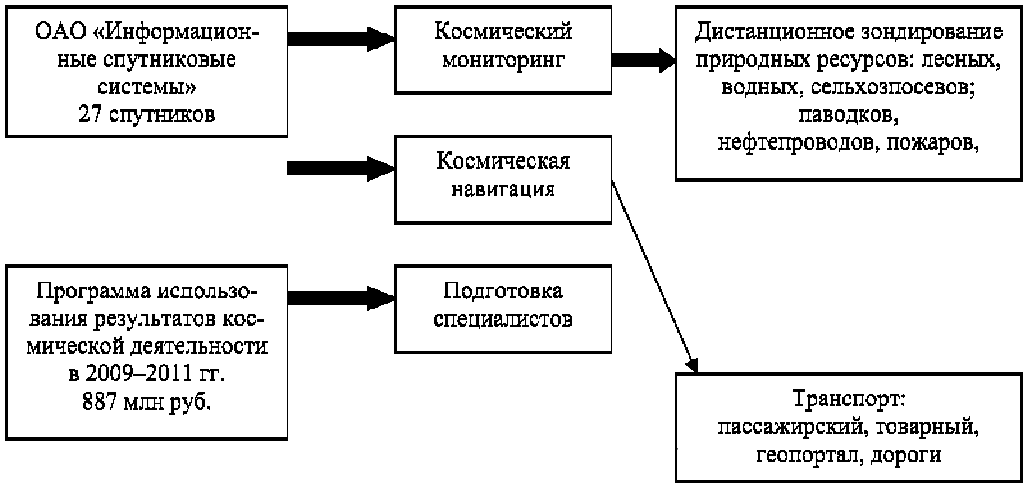


Рис. 2. Функции информационной цепи поставок в проекте «ГЛОНАСС» аэрокосмической отрасли

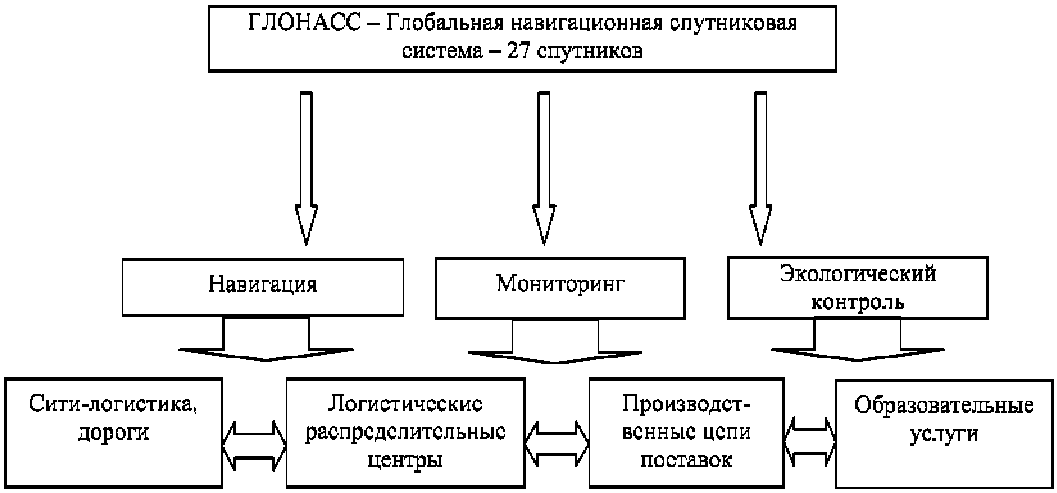


Рис. 3. Содержание логистических цепей поставок в аэрокосмической отрасли

ла поставщиков комплектующих материалов и изделий, недостаточно проектного подхода к решению глобальных задач, которые обеспечивает эта отрасль. Ко всем проектам требуется применить интеграционную модель деятельности, а управление в этой модели осуществлять по принципу управления логистическими цепями поставок.

Библиографический список

1. Хребтов, В. Премьерный показ / В. Хребтов // Экономика и жизнь – Сибирь. 2008. № 8 (275), октябрь. С. 3.

2. Сток, Дж. Д. Стратегическое управление логистикой : пер. с 4-го англ. изд. / Дж. Д. Сток, Д. М. Ламберт. М. : Инфра-М. 2005. 830 с.

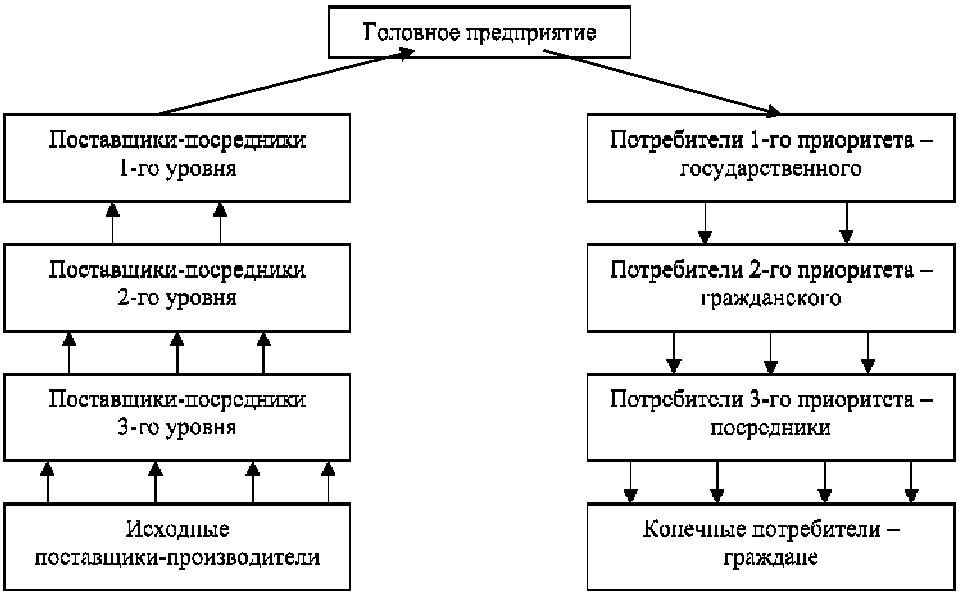


Рис. 4. Сетевая структура цепей поставок в аэрокосмической отрасли

V. F. Lukinykh

LOGISTICS SUPPLY CHAINS IN THE AEROSPACE BRANCH

The activity of the aerospace branch enterprises, their suppliers and consumers is analyzed. Possibilities of prerequisites to modernize their relations into a logistics supply network on the base of the supply chain management principles are showed. The model of supply chains network structure and content of the elements structure management block is given.

Keywords: aerospace branch enterprises, logistics supply chains.

УДК: 339.137.2: 005

Н. Т. Аврамчикова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО ПРОСТРАНСТВА И ДИФФУЗИИ НОВОВВЕДЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА

Исследуется возможность применения теорий поляризованного развития и диффузии нововведений в их взаимосвязи в регионе с разреженным экономическим пространством.

Ключевые слова: пространственные полюса экономического роста, диффузия нововведений, разреженное экономическое пространство, полярность пространства, концентрированное экономическое пространство.

В рамках государственной региональной экономической политики страны необходима выработка специальной системной и комплексной экономической стратегии, адаптированной к сложной современной хозяйственной ситуации и одновременно нацеленной на решение долгосрочных геоэкономических и геополитических задач.

Определение направлений эффективного регионального роста способствует дальнейшему углублению рыночных отношений, совершенствованию территориаль-

ных пропорций развития экономики и решению проблем целостности развития регионов и страны в целом.

Регион – субъект Российской Федерации – необходимо исследовать с учетом различных факторов, влияющих на формирование и функционирование регионального социально-экономического комплекса. При этом значительное место необходимо отводить изучению важнейших теоретических и методологических аспектов регионального роста и развития, раскрытию соответствующих понятий и особенностей региона как социально-экономической системы и территориальной формы хозяйства.

Теория пространственных полюсов экономического роста и теория диффузии нововведений в системном взаимодействии решают проблему целостного и эффективного развития экономики региона: новые технологии полюса роста являются ретранслятором нововведений, диффузия которых способствует активизации слаборазвитых территорий.

При определении концепции управления региональным развитием автором изучен мировой опыт проведения региональных исследований и определено место теорий пространственных полюсов экономического роста и диффузии нововведений в системе региональных исследований [1].

Концепция пространственных полюсов экономического роста занимает центральное место в системе теорий регионального развития и активно разрабатывалась французскими учеными Ф. Перру и Ж. Будвилем. Общая теория Ф. Перру основывается на трех концепциях: доминирующей экономики, гармонизированного роста и всеобщей экономики. Отправной пункт теории Ф. Перру – «эффект доминирования», состоящий в изменении сущности и форм отношений между экономическими единицами. Этот эффект приводит к «поляризации производства» вокруг отрасли («полюса роста»), где экономические единицы ведут себя как части единого целого («макроединицы»). В итоге стихийная «агрессивная» конкуренция исчезает, а совокупная эффективность действий партнеров возрастает. Ф. Перру рассматривал экономическое пространство как абстрактное силовое поле, напряженность которого неравномерна и в котором действуют определенные центростремительные силы, направленные к центрам, полюсам или фокусам, и исходящие из них центробежные силы. Каждый фокус имеет свое собственное силовое поле, помещающееся в системе других фокусов, при этом с фокусами соотносят функциональные полюса роста [2].

Полюс роста – понятие не столько пространственное, сколько функциональное (носитель динамики), однако в практике хозяйственной деятельности он наиболее рельефно выступает именно в традиционном географическом пространстве и базируется обычно на отраслях промышленности. Именно промышленность оказывает наиболее существенное влияние на развитие других отраслей, имеет с ними тесные производственные связи и способствует экономически эффективной концентрации.

Ж. Будвиль развил и дополнил первоначальные положения теории полюсов роста Ф. Перру и перенес эту теорию в конкретное экономическое пространство, конкретный регион, дал региональное толкование полюса роста. Он объединил пространство и функцию в одном понятии – «полярность пространства». Однако не каждый региональный центр представляет собой полюс роста, а только тот, в котором есть пропульсивные отрасли. Задача развития регионов определяется тем, что необходимо найти отрасли, которые дадут «толчок» к развитию всей региональной системы. Ж. Будвиль показал, что в качестве полюсов роста можно рассматривать не только совокупности предприятий лидирующих отраслей, но конкретные территории.

При этом полюс роста трактуется как географическая агломерация экономической активности, или как совокупность городов, располагающих комплексом быстро развивающихся производств, а средства достижения цели связаны с переходом региона к поляризованному развитию и созданием нового пространственного каркаса из территорий – «полюсов роста» на компактной территории.

В данной работе автором развиты положения теории поляризованного развития и приведены результаты исследования по выявлению влияния пространственных полюсов экономического роста региона на развитие территорий со слабой полярностью.

Для описания развития периферийных территорий (выходящих за пределы полюсов роста и осей развития) автором использована известная схема «диффузии нововведений», предложенная Т. Хегерстрандом, который применил для этой цели математические методы, что позволило получить строгие и оригинальные результаты. Он изучил процесс диффузии как волнового явления.

Согласно теории Т. Хегерстранда, диффузия нововведений осуществляется путем перехода от центра к центру, но в сочетании со сплошным, или площадным движением – расползанием. Есть основание предполагать, что в каждом конкретном случае распространения какого-либо нововведения имеет место сочетание (в разных пропорциях) движения от центра к центру и движения сплошной волной [3].

Т. Хегерстранд, опираясь на эмпирические данные, описал влияние соседства на пространственную диффузию нововведений. Восприятие новшеств им рассматривалось с учетом психологических особенностей людей, было показано сопротивление принятию новшеств и дана математическая модель диффузии нововведений, а также возможности определения избыточности и недостаточности контактов людей с пространственно-временной точки зрения.

Современная наука представляет диффузию нововведений как процесс расширения территории, охваченной техническими, технологическими, социальными, политическими и другими нововведениями. Понятие «диффузии нововведений» по своему характеру может интерпретироваться, с одной стороны, как процесс экспансии и расширения, в результате которого нововведения – материальные предметы и идеи – распространяются от одного места к другому, при этом процессе те явления или предметы, сфера распространения которых расширяется, сохраняются и в пределах района своего возникновения; с другой стороны, как процесс перемещения – распространения в пространстве, в ходе которого нововве-

дения покидают территории, где они возникли, и передвигаются в новые регионы [4].

Современные регионалисты выделяют новые формы движения нововведений, такие как дискретная и континуальная.

При дискретной форме движения нововведение будет скачкообразно передаваться из инновационных центров или центров ретрансляции в определенные локализованные точки пространства, проникая туда и минуя территориальные единицы, разделяющие центр инноваций и среду адаптации.

Континуальная форма движения представляет собой распространение нововведений по всем направлениям, по всем точкам пространства (города, района), окружающего инновационный центр или ретранслятор.

Существует разница между характером движения и характером адаптации нововведения. Нововведение может распространяться по всем направлениям, т. е. иметь континуальный характер движения, но за счет того, что оно не везде успешно адаптируется, характер адаптации средой нововведения будет дискретным.

Инновации распространяются также и как результат контагиозного типа процессов межличностного взаимодействия, т. е. через непосредственный контакт и через третьих лиц, процессы обучения и принятия решения. Контагиозная диффузия нововведений связана с непосредственными контактами. Этот процесс в значительной степени зависит от фактора расстояния, поскольку вероятность контактов между соседями или смежными районами гораздо больше, чем у людей и районов, разделённых значительными расстояниями или границами как природного плана – ландшафтными особенностями, так и экономического – различными уровнями развития, социально-религиозными убеждениями, а также политического плана – государственными границами.

Диффузия инноваций является необходимой составляющей регулирования регионального роста, а ее количественные показатели – индикатором экономического развития. Изучение автором традиционных теорий регионального роста и регионального регулирования, разработанных в мировой практике рыночного хозяйства и имеющихся в России концепций регионального развития, позволило сформировать методические подходы к реализации пространственного развития региона с разреженным экономическим пространством и теоретические предпосылки формирования пространственных полюсов экономического роста с учетом особенностей развития региона данного типа.

Плотность населения в регионах с разреженным экономическим пространством составляет около 2…3 человека на квадратный километр, что является недопустимо малой величиной. За вычетом практически непригодных для жизни территорий, мы имеем плотность порядка 20 человек на квадратный километр, однако, как показывает анализ по развитым странам, этого недостаточно для интенсификации и модернизации производства. При всех достижениях современных технологий такая модернизация требует плотности населения не менее 50 человек на квадратный километр. Достичь подобной плотности можно только одним способом – путем искусственного демографического сжатия (исключая районы вахтового освоения), т. е. необходимо осознанно пойти на депопуляцию периферийных районов, которые, как правило, являются труднодоступными и находятся в сложных климатических условиях. Автором рассмотрена также возможность применения теории диффузии нововведений в условиях региона с разреженным экономическим пространством и отмечено, что в условиях современных коммуникационных возможностей удаленность объектов друг от друга определяется не столько фактическим расстоянием между ними, сколько способностью связаться и возможностью обмена информацией, предметами или услугами в максимально короткий период времени. Наличие новых Интернет-технологий позволяет решить проблему географических расстояний, и в этом смысле развитие и совершенствование современных информационных коммуникаций для территориально обширных регионов являются наиболее актуальным [5].

Формирование полярности пространства и диффузии нововведений в регионе, имеющем очаговый тип развития промышленного комплекса и большие неосвоенные пространства, осуществляются последовательно (см. рисунок).

Таким образом, проведенные автором теоретические исследования устанавливают взаимосвязь методов теории пространственных полюсов экономического роста и теории диффузии нововведений и свидетельствуют, что новые технологии в пропульсивных отраслях полюса роста являются ретранслятором нововведений, диффузия которых способствует активизации экономики зон влияния и обеспечивает целостность развития региона.

Есть основания предположить, что имеющееся в большинстве регионов сырьевой направленности разреженное экономическое пространство в силу особенностей своего развития не готово к созданию в нем экономически эффективной концентрации производства. Однако формирование в регионе соответствующих условий для реализации теории пространственных полюсов экономического роста, учитывающей особенности развития экономики региона данного типа, позволит создать полярность пространства и обеспечит наиболее эффективное использование факторов производства на компактной территории, использующей агломерационные эффекты.

Библиографический список

1. Кузнецова, О. Теоретические основы государственного регулирования экономического развития регионов / О. Кузнецова // Вопр. экономики. 2002. № 4. С. 46–66.

2. Perroux, F. Les techniques quantitatives de la planification / F. Perroux. Paris : Presses Universitaires de France, 1965.

3. Скопин, А. Ю. Введение в экономическую географию / А. Ю. Скопин. – М. : Владос, 2001.

4. Хаггет, П. География: синтез современных знаний / П. Хаггет. М. : Прогресс, 1979.

6. Аврамчикова, Н. Т. Формирование концентрированного экономического пространства региона сырьевой направленности как необходимое условие его эффективного развития / Н. Т. Аврамчикова // Евразийский

междунар. науч.-аналит. журн. «Проблемы соврем. экономики». 2007. № 4. С. 250–253.

5. Гранберг, А. Зарубежный опыт региональной политики / А. Гранберг. М. : Экономика, 2001.

Интегрированная схема формирования полярности пространства
и синтеза теорий поляризованного развития и диффузии нововведений

N. T. Avramchikova

THEORETICAL BASES OF THE POLARIZED SPACE FORMATION AND THE INNOVATIONS DIFFUSION IN REGIONAL ECONOMY

The possibility of application of the polarized development and innovations diffusion theories in their interrelation in the region with the rarefied economic space is investigated.

Keywords: spatial poles of economic growth, diffusion of the innovations, the rarefied economic space, polarity of the space, the concentrated economic space.

УДК 658.5

А. В. Дмитриева, Е. А. Жирнова, Я. И. Шамлицкий

ПОРЯДОК ОЦЕНКИ И МОТИВАЦИЯ ПОСТАВЩИКОВ ОАО «КРАСНОЯРСКИЙ ЗАВОД ХОЛОДИЛЬНИКОВ „БИРЮСА“»

Рассмотрена актуальность создания интегрированной системы оценки поставщиков на предприятии, продемонстрированы методы их мотивации, приведена методика расчета оценки поставщиков, а также сформулированы четкие критерии, по которым оцениваются поставщики на предприятии ОАО «КЗХ „Бирюса“».

Ключевые слова: интегрированная система оценки, мотивация поставщиков.

Широкий спектр закупочной деятельности порождает непростые проблемы в отношениях с поставщиками. К числу этих проблем относятся высокий уровень дефектности (несоответствие предъявляемым требованиям) и неудовлетворенность потребителей конечной продукцией. Очевидно, что система управления предприятием будет работать эффективно только тогда, когда материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия и все ресурсы, необходимые для получения конечной продукции, будут поставляться бездефектными [1].

Жесткие требования рынка заставляют пересматривать традиционные отношения «заказчик–поставщик». Необходимы методы, предупреждающие возникновение сложных проблем в их отношениях, а также реализация лозунга «Вместе сделаем, вместе выиграем». Для большинства компаний отношения с поставщиками становятся критическим фактором. При этом многие из них практически не проводят оценку эффективности своего сотрудничества. Взаимоотношения с поставщиками – это самые важные взаимоотношения из всех тех, которые поддерживает организация. Тремя основными аспектами этих взаимоотношений являются выбор, общение и исполнение [1].

Основной задачей руководителей и специалистов ОАО «Красноярский завод холодильников „Бирюса“» («КХЗ „Бирюса“») является установление партнерских отношений с поставщиками для взаимного повышения результативности и эффективности процессов, создающих ценность. Решение этой задачи требует изучения, понимания и применения предприятием современных методов управления поставщиками.

Для повышения ценности и успеха предприятия при совместной деятельности с поставщиками необходимо оценивать и выбирать последних на основе их способности поставлять продукцию в соответствии с требованиями предприятия. Должны быть установлены критерии отбора, оценки и переоценки поставщиков, а также вестись и сохраняться записи о результатах оценки и всех необходимых действиях, вытекающих из оценки. Предприятию необходимо вовлекать поставщиков в процесс проектирования и разработки в целях распространения знаний и результативного и эффективного улучшения процессов выпуска и поставки продукции, обеспечивающих ее соответствие установленным требованиям. Важной и неотъемлемой частью также является признание и поощрение усилий и достижений поставщиков, их стимулирование к внедрению программ, направленных на постоянное улучшение их деятельности и к участию в других совместных инициативах по улучшению деятельности предприятия.

Отношение предприятия к своим поставщикам напрямую влияет на то, как его поставщики к нему относятся. Многие организации утверждают, что они выстраивают партнерские отношения со своими поставщиками. Однако в большинстве случаев это не больше чем риторика. Некоторые крупные корпорации осознают свою власть над поставщиками и часто используют ее в своих целях. Большинство организаций установили неписаные правила поведения своих сотрудников по отношению к поставщикам. Эти правила и убеждения в значительной степени воздействуют на оценку эффективности работы поставщика.

В настоящее время проблема качества весьма важна не только для потребителя конечной продукции, но и для ее производителей. При этом, чем больше комплектующих изделий используется при изготовлении конечной продукции, тем больше судьба этой конечной продукции, а следовательно, и выпускающего ее предприятия зависит от качества продукции поставщиков.

Именно поэтому ОАО «Красноярский завод холодильников „Бирюса“» придает особое значение работе с поставщиками. И подтверждением тому может служить тот факт, что в текущем году проведена первая конференция по качеству с поставщиками предприятия, на котором был провозглашен главный принцип работы с поставщиками: «Наш поставщик – тот, кто занимается постоянным совершенствованием своей системы качества на основе международных стандартов (МС) ИСО серии 9000 с учетом приоритетности требований потребителя».

Задача внедрения на Красноярском заводе холодильников «Бирюса» системы качества на основе МС ИСО 9001 определила необходимость пересмотра многих аспектов взаимодействия с поставщиками и приведения деятельности предприятия в соответствие с требованиями раздел 4.6 «Закупки» этого стандарта. Одним из элементов, претерпевших значительные изменения, стала оценка поставщиков.

Служба качества поставок дирекции по качеству ОАО «КЗХ „Бирюса“» в течение нескольких лет создавала систему оценки поставщиков. Эта работа была развернута с целью реализации политики руководства предприятия в области качества и проводилась в рамках проекта по совершенствованию системы качества ОАО «КЗХ „Бирюса“», направленного на создание и совершенствование общей методологии руководства качеством, развитие взаимоотношений с поставщиками, внедрение статистичес-

ких методов контроля и управления качеством продукции и процессов, внедрение новых информационных технологий.

Раздел этого проекта, охватывающий взаимоотношения с поставщиками, – один из самых важных, поскольку качество холодильной техники, производимой предприятием, в значительной мере зависит от качества поставляемых комплектующих. Данный раздел охватывает широкий спектр работ – от совершенствования методов контроля и правил приемки до адаптации и внедрения элементов QS-9000.

Для обеспечения функционирования системы качества ОАО «КЗХ „Бирюса“» разрабатываются новые методы, документы, программные средства. В частности, требования п. 4.6.2 «Оценка субподрядчиков» МС ИСО 9001 реализуются путем выполнения ряда процедур, среди которых важнейшее место занимает оценка поставщика.

Эффективная работа поставщика означает, что поставка будет осуществлена вовремя, с заданным уровнем качества, в необходимом количестве, в установленные сроки и по оптимальной цене. Накладки и перебои случаются у всех, главное, чтобы это не стало системой.

В настоящее время на заводе ОАО «КЗХ „Бирюса“» действует интегрированная система оценки качества поставщиков по ряду критериев. Оценка действующих поставщиков производится отделом материально-технического снабжения (ОМТС) один раз в год по итогам работы с ними. Указанные в договоре (контракте) качество, стоимость, сроки поставки, условия оплаты сравниваются с фактическими, взятыми из отгрузочных и платежных документов. По результатам оценки каждый из поставщиков условно получает одну из четырех категорий [1]:

– А – полностью удовлетворительная (незначительные отклонения коммерческого или технического вида);

– В – в основном удовлетворительная (незначительные отклонения коммерческого или технического вида; требуется оставление за собой права изложения своей точки зрения или корректирующие действия);

– АВ – условно удовлетворительная (серьезные отклонения, допуск на поставку только по особому разрешению);

– С – неудовлетворительная (без явных изменений не заслуживает внимания, в противном случае – проведение мероприятий по улучшению качества).

Для отмеченных выше категорий определен базовый набор управляющих воздействий: для полностью удовлетворительных поставщиков – поощрительные акции, для неудовлетворительных – меры управления различной степени жесткости и санкции, вплоть до отказа от закупок для поставщиков категории С.

По действующей системе оценки качества поставщики предприятия ОАО «КЗХ „Бирюса“» делятся на допущенных и недопущенных к серийным поставкам.

– недопущенные – это поставщики, которые в результате проведения текущей оценки получили оценку С, а также неудовлетворительные заключения технических служб. С данными поставщиками проводятся мероприятия по улучшению качества поставляемого материала либо сотрудничество прекращается.

– допущенные поставщики – поставщики, которые в результате проведения текущей оценки получили оценки А, В, АВ, а также положительные заключения технических служб. В разряд допущенных поставщиков также могут быть внесены и поставщики с оценкой С – это поставщики-монополисты, с которыми составляются мероприятия по улучшению качества поставляемых материалов без прекращения работы с ними.

Проводя оценку поставщика и фиксируя ее формально, имеет смысл следовать правилу Парето 80/20: 80 % расходов предприятия приходится на 20 % поставщиков. Это именно те поставщики, чью эффективность необходимо отслеживать с помощью системы оценки. Обратная связь с остальными поставщиками будет менее формальной и выразится в повторных заказах или прекращении отношений. Важно, чтобы предприятие не сделало систему оценки слишком сложной и трудной в управлении.

Система оценки поставщика разрабатывалась долго и сложно, что обусловлено в основном организационными причинами. Необходимо было продумать и создать процедуры взаимодействия различных подразделений ОАО «КЗХ „Бирюса“», обучить персонал, обосновать и внедрить методы применения результатов оценки в контрактных ситуациях, т. е. превратить методические разработки в инструмент анализа самых разнородных данных о поставщике, получаемых из различных источников, создать механизмы применения результатов анализа для улучшения деятельности служб предприятия, а также качества внешних поставок (рис. 1).

Чрезвычайно важная часть работ – налаживание взаимодействия с поставщиком, т. е. с объектом исследования и оценки. Методика оценки, а особенно ее результаты, обсуждались на многочисленных встречах с поставщиками. И в настоящее время можно утверждать, что система оценки поставщика заняла прочное место среди инструментов, применяемых в работе по повышению качества как на ОАО «КЗХ „Бирюса“», так и у поставщиков.

Внедрение новых методов оценки поставщиков выгодно как для предприятия, так и для его деловых партнеров. Эта оценка – не только средство для сравнительного анализа предприятий-поставщиков и оказания обоснованного давления на неудовлетворительных поставщиков. Она позволяет оперативно выявлять тенденции в показателях качества продукции поставщиков и своевременно предпринимать корректирующие действия, акцентирует внимание на качестве и помогает отслеживать динамику его изменения. Использование методики оценки поставщиков означает не только появление нового инструмента, но и выход на качественно новый уровень во взаимоотношениях сторон – уровень современных подходов к идентификации, осмыслению проблем качества, надежности и совместному их решению в процессе сотрудничества, а не противостояния [2].

Значительные средства ОАО «КЗХ „Бирюса“» были вложены в создание информационной системы оценки поставщиков, позволяющей с минимальными затратами времени и труда вести непрерывный мониторинг деятельности поставщика в области качества по всем интересующим аспектам. Система способна автоматизированно выполнять ежемесячные расчеты оценок, определять

категории поставщиков, ранжировать их как по интегральным, так и по частным оценкам; она позволяет исследовать деятельность групп или отдельных поставщиков, просматривать исходные данные, обработка которых приводит к формированию оценки, и т. д. Программное обеспечение входит в заводскую информационную систему как полноправный и чрезвычайно важный компонент. Совокупность показателей и оценочных шкал является динамичной системой, подвергаемой периодическому пересмотру с последовательным ужесточением требований. Этот пересмотр проводится с учетом всех накопившихся замечаний, при этом корректируются состав показателей и оценочные шкалы. Таким образом, создание и внедрение методики оценки поставщиков завершено, а ее применение документировано.

Поставщики предприятия ОАО «КЗХ „Бирюса“» оцениваются по следующим критериям:

– качество (наличие сопроводительной документации, качество продукции на входном контроле, состояние упаковки, маркировки);

– время (сроки поставок, их гарантированность, готовность к поставкам, соблюдение сроков, гибкость поставок);

– цена (условия оплаты и условия поставок, кредитоспособность, скидки, страховка);

– сервис (межфирменная коммуникабельность, запросы, консультации, готовность к кооперации, готовность к удовлетворению необходимых пожеланий);

– общие критерии (имидж, производственная мощность, политика продаж, наличие транспортных коммуникаций) [1].

Показатель качества поставщика отражает любые проблемы, возникшие после приемки продукции как на производственной линии, так и в условиях эксплуатации. В соответствии с оценками качества различные дефекты могут определяться по-разному, а именно: отсутствуют, отдельные, повторяющиеся, критические, главные, недостаточно, полностью непригодно. Представим шкалу и критерии (показатели), по которым оценивается поставщик с указанием весомости каждого критерия (см. таблицу).

Каждый рассматриваемый критерий (показатель) оценивается по шестибалльной шкале. С этой целью значения анализируемого критерия (показателя) в натуральных единицах измерения ранжируются для всех поставщиков. Худшему значению критерия (показателя) присваивается 0 баллов, лучшему – 6 баллов. Балльная оценка *j*-го критерия (показателя) для *i*-го поставщика определится по формуле [3]:

$$Б_{ij} = 1 + \frac{N_{ij} - N_{худ\,j}}{N_{луч\,j} - N_{худ\,j}}(10-1), \qquad (1)$$

где $Б_{ij}$ – балльная оценка анализируемого *j*-го критерия (показателя) для *i*-го поставщика; N_{ij} – значение анализируемого *j*-го критерия (показателя) для *i*-го поставщика в натуральных единицах измерения; $N_{худ\,j}$ – худшее значение анализируемого *j*-го критерия (показателя) среди всех поставщиков в натуральных единицах измерения; $N_{луч\,j}$ – лучшее значение анализируемого *j*-го критерия (показателя) среди всех поставщиков в натуральных единицах измерения.

Рис. 1. SADT-диаграмма процедуры «Оценка и мотивация поставщиков»

Представим графическую иллюстрацию применения метода интерполяции для балльной оценки критериев (рис. 2): для случая, когда худшее значение критерия (показателя) меньше лучшего значения (например, сокращения срока поставок) (рис. 2, *а*), и для случая, когда худшее значение критерия (показателя) больше лучшего значения (например, цена продукции, другие ценовые показатели) (рис. 2, *б*). Балльная оценка анализируемого *j*-го критерия (показателя) для *i*-го поставщика находится в интервале $0 < Б_{ij} < 6$ [3].

Каждому критерию (показателю) присваивается коэффициент весомости β_j, отражающий относительную значимость критерия (показателя). Коэффициенты β_j формируются экспертно с учетом достижения целей оценки. При установлении коэффициентов весомости необходимо соблюдение условия, при котором сумма коэффициентов весомости всех критериев (показателей) должна быть равна единице:

$$\sum_{j=1}^{n} \beta_j = 1, \qquad (2)$$

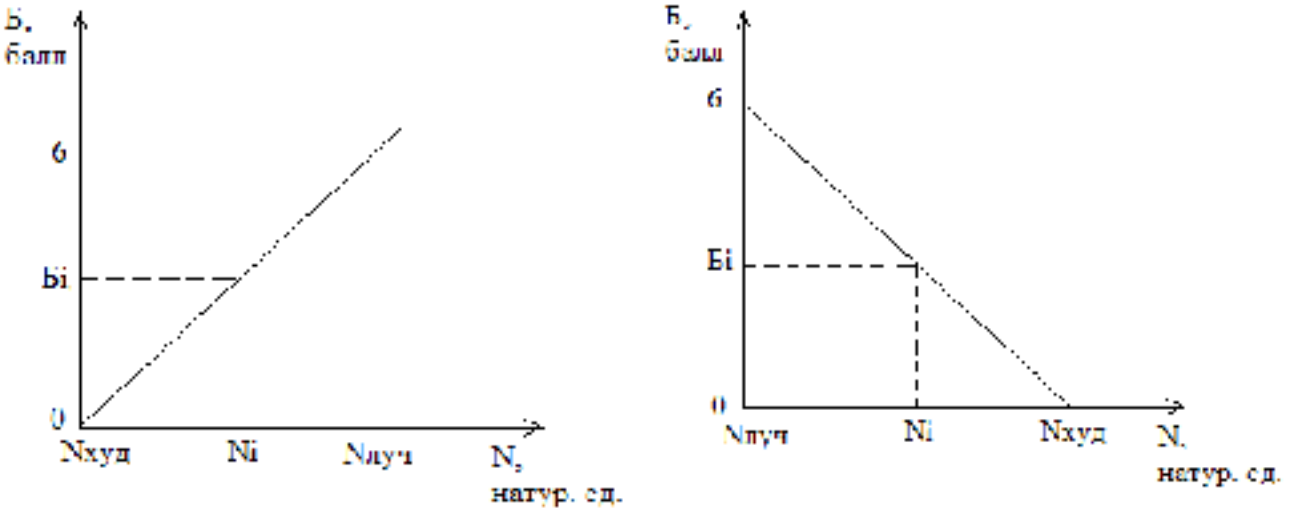
где *n* – число рассматриваемых критериев (показателей).

Суммарная оценка *i*-го поставщика определяется по формуле

$$\sum_{j=1}^{n} Б_{ij} = \sum_{j=1}^{n} (\beta_j \cdot Б_{ij}) \le 6, \qquad (3)$$

где $Б_{ij}$ – балльная оценка *j*-го критерия (показателя) для *i*-го поставщика; β_j – коэффициент весомости *j*-го критерия (показателя); *n* – число рассматриваемых критериев (показателей).

Итак, каких же результатов достигло ОАО «КЗХ „Бирюса“» в результате внедрения методики оценки и мотивации поставщиков? Функционирующая автоматизированная система оценки поставщиков дает руководителям и персоналу полную, достоверную и систематизированную информацию о качестве поставок. Автоматически формируемый рейтинг поставщиков в совокупности с данными о качестве продукции и его динамике, предоставляемыми с необходимой степенью детализации, применяется персоналом службы качества поставок дирекции по качеству и подразделений дирекции по закупкам для принятия тактических и оперативных решений. Набор мер управления, принимаемых в отношении постав-



а *б*

Рис. 2. Применение метода интерполяции для балльной оценки критериев: *а* – $N_{худ\,j} > N_{луч\,j}$; *б* – $N_{худ} > N_{луч}$

Фактор	Баллы							Суммарная оценка Б*ij*, балл
	6	5	4	3	2	1	0	
	Очень хорошо	Хорошо	Скорее хорошо	Нейтрально	Скорее плохо	Плохо	Очень плохо	
	Дефекты отсутствуют	Отдельные дефекты	Повторяющиеся дефекты	Критические дефекты	Главные дефекты	Недостаточно	Полностью непригодно	
30 % Качество								
25 % Время								
20 % Цена								
15 % Сервис								
10 % прочие								
∑ 100 %							$\sum_{j=1}^{n} Б_{ij}$	

щиков, допускающих дефекты в поставляемых изделиях, зависит от оценки – статуса предприятия-поставщика в глазах потребителя – ОАО «КЗХ „Бирюса“». В настоящее время решается вопрос о взаимоувязке результатов оценки поставщиков при работе по контрактам и оптимизации распределения объемов поставок. Отдел материально-технического снабжения уже распределил объемы поставок на 2008 г. с учетом предложенных цен, условий поставки, интегральной оценки поставщиков и уровня качества закупаемых комплектующих и материалов.

Эффективность разработанной системы оценки поставщиков выразилась в росте их активности в области повышения качества продукции, расширения сферы взаимодействия с потребителем, внедрения передовых методов управления производством и качеством, в разработке и внедрении систем качества на базе международных стандартов ИСО серии 9000.

Методика оценки поставщиков завоевала признание и на общероссийском уровне – среди производителей холодильной техники и их поставщиков. В 2008 г. ОАО «КЗХ „Бирюса“» приняло решение распространить методику в отрасли и применять оценки в качестве критерия при выборе кандидата на получение специальной премии «Лучший поставщик года» (рис. 4).

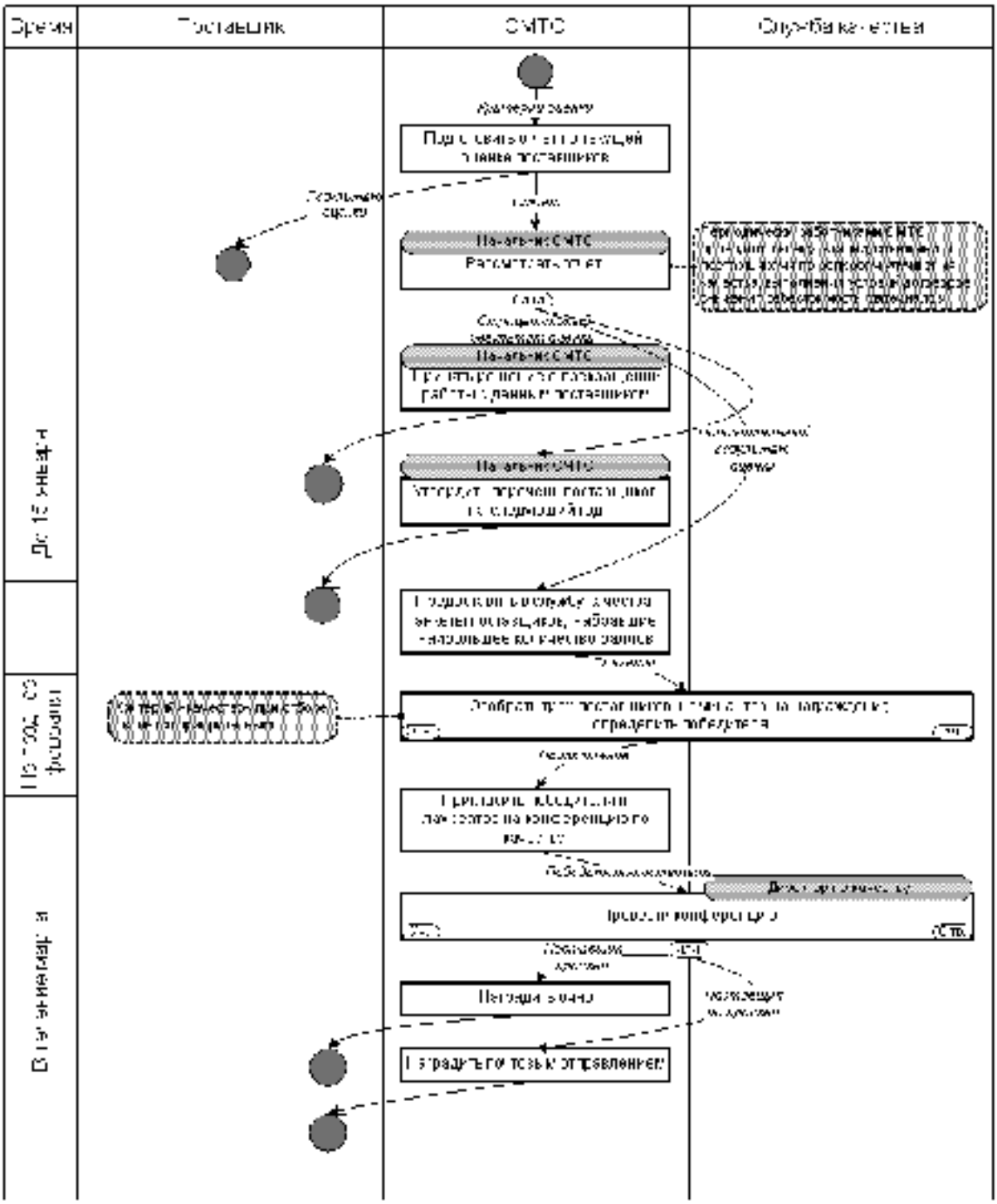


Рис. 4. Процедура определения лучшего поставщика

Появление новой традиции по результатам работы в течение года награждать поставщиков специальными дипломами «Лучший поставщик ОАО «КЗХ „Бирюса“» положительно сказывается на результатах деятельности предприятия, так как качество услуг или продукции предприятия, а соответственно и его конкурентоспособность, в большей степени зависят от качества работы его поставщиков.

Подводя некоторые итоги, можно сделать вывод, что усилия разработчиков не были напрасны – создана система, востребованная многими предприятиями, и не только в области производства холодильной техники. Система оценки поставщиков представляет собой именно метод, а следовательно, она вполне переносима и на другие отрасли промышленности. Кроме того, как и любой другой метод, эта система открыта для внесения изменений и способна к развитию.

Библиографический список

1. Зотов, Ф. П. Программа управления поставщиками «ВЕЕР»: методология внедрения / Ф. П. Зотов // Технологии качества жизни. 2000. С. 15–17.

2. Кокотов, В. Я. Оценка поставщиков Волжского автозавода / В. Я. Кокотов, Г. Л. Юнак, В. В. Демин // Стандарты и качество. 2000. № 4. С. 63–65.

3. ГОСТ 23554.0–79. Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. М. : Изд-во стандартов, 1979. – 15 с.

A. V. Dmitrieva, E. A. Zhirnova, Ja. I. Shamlitsky

THE ESTIMATION ORDER AND SUPPLIERS MOTIVATION OF THE JOINT STOCK COMPANY KRASNOYARSK REFRIGERATOR PLANT «SNOWCAP»

The urgency of the integrated estimation system for suppliers at the plant creation is considered. The motivation methods and suppliers estimation technique are presented. The precise criterion of the suppliers estimation at Joint stock company Krasnoyarsk refrigerator plant «Snowcap».

Keywords: the integrated system of an estimation, motivation suppliers.

УДК 658.6

Т. Н. Плотникова, Г. Н. Русаков

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, СОЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ

Реализация приоритетного национального проекта в сфере здравоохранения требует серьезного подхода. Все мероприятия должны быть направлены на повышение эффективности функционирования самой системы. Исследование факторов и условий развития системы здравоохранения позволяет выявить резервы ее эффективности, присущие ей тенденции и закономерности и ее влияние на социально-экономическое развитие региона.

Ключевые слова: здравоохранение, социальная эффективность, закономерности и тенденции.

Здравоохранение – ведущая отрасль социальной сферы, влияющая на качество жизни человека. Развитая система здравоохранения – важный элемент в обеспечении здоровья нации. Оказанием медицинских услуг занимаются как государственные лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ), так и частные. В ходе реформ изменились источники финансирования, появилась система медицинского страхования. Все это – атрибуты рыночного механизма. Но при этом нельзя забывать об основных функциях системы здравоохранения в структуре социально-экономических факторов развития.

Реализация приоритетного национального проекта в сфере здравоохранения идет в основном по следующим направлениям:

– развитие первичной помощи (подготовка и переподготовка врачей общей практики, врачей-терапевтов участковых, врачей-педиатров участковых; осуществление денежных выплат персоналу сферы здравоохранения, укрепление материально-технической базы амбулаторно-поликлинических учреждений, иммунизация населения, профилактика ВИЧ-инфекций, гепатитов В и С; дополнительная диспансеризация работающих);

– обеспечение населения высокотехнологичной медицинской помощью.

Все эти мероприятия, безусловно, направлены на повышение эффективности функционирования самой системы в отношении выполнения ее основной функции: предоставления качественных медицинских услуг. Но с другой стороны, не выработаны общие подходы к определению результативности проводимых реформ, поэтому вопросы их эффективности напрямую зависят от особенностей выявленных тенденций и закономерностей в

системе здравоохранения. Исследования тенденций, закономерностей, факторов и условий развития социально-экономической подсистемы – здравоохранения – позволят решить следующие задачи:

– поиск наиболее существенных факторов эффективного функционирования системы здравоохранения;

– определение институциональных условий развития здравоохранения;

– выявление взаимосвязи и иерархической структуры факторов;

– определение оптимальных критериев соотношения научного результата и вложенных средств, т. е. выбор условий, при которых можно получить максимальный выход при минимальных затратах (выбор экономически наиболее выгодного сочетания критериев);

– оценка реакции системы здравоохранения на интеграционное воздействие выявленных факторов внутреннего развития системы.

При игнорировании первостепенности решения поставленных задач возникает целый ряд объективных и субъективных препятствий для эффективного развития системы здравоохранения.

Во-первых, это трудности выявления стандартизированных факторов и критериев, на основе которых можно было бы судить об ожидаемой эффективности. Связано это с отсутствием адаптированной системы факторов и критериев развития здравоохранения.

Во-вторых, это недостатки в разработке универсальных программ с набором адаптационных процедур, корректирующих стандартные ситуации с учетом реальных условий функционирования структурных единиц медицинских учреждений и организаций. Трудности связаны с недостатком исследований в этой области и недостаточностью объективной статистической информации, позволяющей производить соответствующую корректировку.

В-третьих, это дефицит управленческих кадров в системе здравоохранения. Речь идет о специализации и адаптации имеющегося человеческого потенциала к инновационным направлениям в сфере управления. Игнорирование этого факта в среднем снижает эффективность деятельности организаций здравоохранения на 15…20 %.

В-четвертых, это недостаточное обоснование социально-экономических оценок в сфере здравоохранения.

В-пятых, это объективные факторы, порожденные самой системой здравоохранения: недостаток экономических и управленческих знаний у медицинских работников, незначительное финансирование информационного обеспечения организаций здравоохранения, не систематизированные данные о региональных ресурсах в здравоохранения.

Отсутствие единых оценочных процедур, связанных с объективными тенденциями развития медицинской сферы, учитывающих региональную компоненту, и недостаток статистических данных не позволяют в полной мере оценить перспективы развития системы здравоохранения. Исследования в этой области проводятся либо по косвенным критериям, либо имеют сопутствующий характер (относительно основных проблем медицины). На этом фоне интересным направлением являются исследования корреляционных зависимостей между факторами, определяющими функционирование изучаемой подсистемы и результатом ее эффективной деятельности.

Систему здравоохранения отличает высокий потенциал региональных и муниципальных механизмов социально-экономической политики. Уровень здоровья людей формируется в результате взаимодействия экзогенных (природных и социальных) и эндогенных факторов (пол, возраст, генотип). Состояние здоровья отдельно взятого человека можно оценивать как в значительной мере случайное. Уровень здоровья популяции всегда служит показателем благотворного или негативного влияния окружающей среды на население [1] и показателем социально-экономического развития нации [2]. Считается общепринятым, что все многообразие факторов, воздействующих на формирование здоровья населения, может быть сведено к четырем группам [3]:

– социально-экономические условия жизнеобитания и образ жизни, составляющие не менее 50 % от общего числа здоровьеформирующих факторов;

– эколого-гигиенические и климатогеографические факторы – 20…22 %;

– наследственные факторы – 20 %;

– ресурсы здравоохранения и качество медицинской помощи – 8…10 %.

Существуют и другие соотношения факторов, но они отличаются от приведенных данных лишь по степени детализации.

Большое внимание сейчас уделяется комплексному исследованию факторов, влияющих на эффективность системы здравоохранения с целью координирования и интеграции социальной политики в регионах.

Предложено множество методических подходов к разработке интегральных показателей здоровья: нормированный интенсивный показатель, территориальный показатель здоровья, информационно-энтропийный критерий [4]. Однако значительная часть из них рассчитывается экспертным путем, что затрудняет их сбор и применение на практике. Таким образом, расчет большинства индексов основан на показателях, не включенных в государственные статистические регистры здоровья. В этой связи возникают значительные погрешности значений этих показателей. Еще одна проблема такого подхода к оценке функционирования системы здравоохранения – отсутствие прогнозной оценки. Поэтому выявление основных закономерностей и тенденций развития здравоохранения как социально-экономической подсистемы является первостепенной задачей в условиях реализации национального проекта в сфере здравоохранения.

Для исследования взаимосвязи отдельных показателей здоровья с факторами влияния окружающей среды разрабатывают математические модели различной сложности. Для моделирования широко используются методы построения регрессионных уравнений. Применение многофакторного регрессионного анализа дает возможность оценить степень влияния отдельных факторов на показатели здоровья.

Предложенный метод позволяет построить математические модели зависимости здоровья населения от состояния различных факторов медико-социальных групп, ранжировать факторы по их влиянию на здоровье. При-

знаки, вошедшие в модель, могут быть ранжированы по степени значимости. В качестве меры значимости используется вклад каждого признака в величину нормированного коэффициента регрессии.

Для анализа также применяются различные процедуры факторного анализа. В работе [5] использованы данные о значении 120 различных показателей уровня заболеваемости по различным причинам. Все показатели объединены в блоки по характеру их влияния на уровень заболеваемости (рис. 1, 2).

В результате применения факторного анализа выделены 15 групп факторов, определяющих 78 % общей дисперсии. Подход к установлению влияния социально-экономических факторов на здоровье населения в описанной модели реализуется с помощью так называемых аппроксимационых индексов здоровья, которые могут использоваться для прогноза, так как позволяют оценить значение фактора в случаях, когда оперативное и адекватное получение медико-статистической информации затруднено.

Представляет определенный интерес подход к построению модели влияния факторов внешней среды на здоровье. Этот подход предполагает построение регрессионной модели с использованием метода группового учета аргументов. Система основана на расчете потерь трудового потенциала. Влияние факторов внешней среды на здоровье населения выявлено путем построения частных моделей комплексного влияния факторов на здоровье и агрегированной модели, основанной на обобщенных (интегральных) показателях с последующей их стыковкой.

Модель системы «производство–внешняя среда–здоровье населения» предназначена для имитации поведения элементов системы в зависимости от воздействия комплексного потока факторов, влияющих на состояние каждого и систему в целом.

Мероприятия по снижению уровня заболеваемости должны носить дифференцированный характер с учетом значимости формирующих тенденций. Познание закономерностей формирования таких особенностей необходимо для принятия правильных решений по устранению негативных и поддержке позитивных воздействий, а современная диагностика (выявление) этих изменений – для принятия правильных решений об оказа-

Рис. 1. Структура факторов, влияющих на уровень заболеваемости

нии адекватной по качеству и объему медицинской помощи населению.

В связи с отсутствием доступной статистической информации наиболее приемлемым для такой диагностики представляется индекс общественного здоровья, основанный на принципе сигмальных отклонений от среднего уровня. Все исходные показатели разбиваются на несколько однородных групп, равнозначных с точки зрения вклада в показатель индекса общественного здоровья, и, по возможности, отвечающих реальным, содержательным факторам, влияющим на здоровье населения. Так, выделяются группы демографических показателей, состояния детской заболеваемости по всем классам болезней (МКБ-10), показателей заболеваемости взрослых и подростков, также по классам болезней. Это позволяет получить не только значение индекса, но и оценку каждого из факторов здоровья.

В предлагаемой системе показатели смертности структурированы по чувствительности в зависимости от различий возрастно-полового состава населения и по территориальным признакам. К таким показателям в первую очередь относятся специальные коэффициенты, оценивающие объем и структуру безвозвратных потерь жизненного потенциала популяций от болезней, травм и отравлений.

В демографический блок включены раздельные показатели смертности мужчин и женщин, младенческой смертности мальчиков и девочек. В разработку включено 47 параметров здоровья населения, отвечающих требованиям нормального (гауссовского) распределения. Все параметры разбиваются на 4 однородных по своему назначению группы (табл. 1).

Для выявления взаимосвязи факторов внешней среды и состояния здоровья населения был проведен корреляционно-регрессионый анализ исследуемых показателей по средним многолетним данным. Исследования подтверждают тесную корреляционную зависимость между факторообразующими показателями и результативностью деятельности системы здравоохранения.

Анализ зависимости между состоянием общественного здоровья и разными показателями по Сибирскому федеральному округу дал следующие результаты: наиболее чувствительными к уровню здоровья являются показатели общей заболеваемости ($r_{xy} = 0{,}56$), а также показатели заболеваний системы кровообращения ($r_{xy} = +0{,}42$), и в меньшей степени – кожи и подкожной клетчатки ($r_{xy} = +0{,}29$) (табл. 2).

С целью более глубокого изучения взаимосвязей между показателями было выделено пятнадцать групп факторов, влияющих на уровень заболеваемости (см. рис. 1), и каждая группа первоначально включала в себя от 5 до 11 показателей.

Анализ показал, что максимальное влияние на уровень здоровья населения оказывают следующие факторы:

– стандартизированная заболеваемость взрослых: VII класс – болезни системы кровообращения;

– пенсионеры, доля в структуре населения;

– среднемесячные денежные доходы на душу населения, тыс. руб.;

– объем промышленного производства, млрд руб. на душу населения;

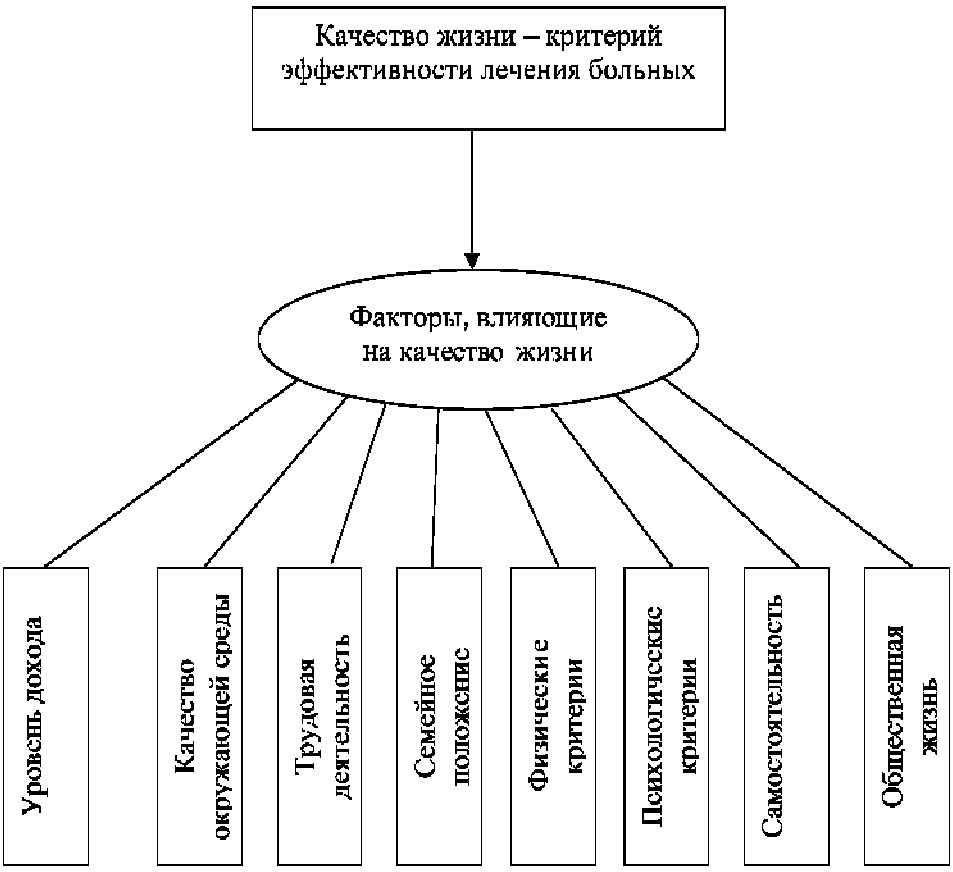


Рис. 2. Факторы, влияющие на качество жизни (КЖ)

– обеспеченность населения врачебными кадрами;

– обеспеченность населения кадрами среднего медицинского персонала.

Установлено также, что максимальное влияние (r_{xy} = = 0,26…0,49) на показатели качества лечения оказывают факторы, сгруппированные по социально-экономическим и демографическим признакам:

– обеспеченность населения больничными койками;

– общая смертность женщин;

– общая смертность мужчин;

– младенческая смертность мальчиков;

– общая продолжительность жизни мужчин;

– индекс здоровья;

– ВВП, приходящийся на душу населения;

– расходы на образование, млрд руб. на душу населения;

– среднемесячная заработная плата, тыс. руб.;

– инвестиции в здравоохранение, млрд руб.

Для третьего показателя эффективности системы здравоохранения (качество жизни) факторами максимального влияния являются те, которые наиболее полно характеризуют жизненный потенциал населения:

– стандартизированная заболеваемость взрослых: I класс – инфекционные и паразитарные болезни;

– валовой выброс в атмосферу загрязняющих веществ;

– приведенный валовой выброс загрязняющих веществ;

– средневзвешенный коэффициент токсичности веществ;

– отношение денежных доходов населения к стоимости набора основных продуктов питания;

– среднемесячный размер льготных выплат, руб.;

– численность населения на одну больничную койку, человек.

Полученная структура факторов по степени их влияния на главные показатели системы здравоохранения позволяет на базе выявленных закономерностей строить прогнозные модели и планировать мероприятия по развитию системы здравоохранения, проводить экспертизу существующих программ по развитию системы здравоохранения, а также использоваться при разработке новых программ.

Библиографический список

1. Здравоохранение в регионах Российской Федерации: механизмы финансирования и управления / Г. Е. Бесстрелянная, А. В. Заборовская, В. А. Чернец, С. В. Шишкин ; отв. ред. С. В. Шишкин. М. : Поматур, 2006. 272 с.

Таблица 1

Компоненты индекса здоровья

Рождаемость; младенческая смертность девочек; младенческая смертность мальчиков; $СО_{см}$ женщин; $СО_{см}$ мужчин; $С_{см}$ от БСК женщин; $С_{см}$ от БСК мужчин; $С_{см}$ от онко женщин; $С_{см}$ от онко мужчин; $С_{см}$ от травм женщин; $С_{см}$ от травм мужчин; $С_{см}$ от БОД женщин; $С_{см}$ от БОД мужчин; ОПЖ женщин; ОПЖ мужчин	
Групповой: демографические показатели, $К_1$	
$О_з$ детей	$СО_з$ взрослых
I класс – XVII класс	I класс – XVII класс
Групповой $О_з$ детей, $К_2$	Групповой $СО_з$ взрослых, $К_3$
Общая заболеваемость: дети всего	Общая заболеваемость: взрослые всего
Групповой: общая заболеваемость $К_4$	
Индекс здоровья	

Примечание. В таблице использованы обозначения: $СО_{см}$ – стандартизированная общая смертность; $С_{см}$ – стандартизированная смертность; $О_з$ – общая заболеваемость; $СО_з$ – стандартизированная общая заболеваемость; БСК – болезни системы кровообращения; БОД – болезни органов дыхания; онко – злокачественные новообразования; травм – травмы и отравления; ОПЖ – общая продолжительность жизни

Таблица 2

Показатели корреляционной зависимости (r_{xy}) между классами болезней и уровнем здоровья населения

Возрастные группы населения	Классы болезней МКБ-10							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Взрослые	+ 0,24	+ 0,37	+ 0,29	+ 0,25	+ 0,14	0,35	0,42	0,22
Дети	+ 0,31	+ 0,12	+ 0,27	+ 0,29	+ 0,10	0,17	0,22	0,20
	IX	X	XII	XIII	XIV	XVII	XIX	Всего
Взрослые	0,38	0,29	0,29	0,33	0,31	0,28	0,30	0,38
Дети	0,15	0,25	0,16	0,22	0,35	0,31	0,07	0,21

Примечание. В таблице использованы обозначения: I – инфекционные и паразитарные болезни; II – новообразования; III – болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ и иммунитета; IV – болезни крови и кроветворных органов; V – психические расстройства и расстройства поведения; VI – болезни нервной системы и органов чувств; VII – болезни системы кровообращения; VIII – болезни органов дыхания; IX – болезни органов пищеварения; X – болезни мочеполовой системы; XII – болезни кожи и подкожной клетчатки; XIII – болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; XIV – врожденные аномалии; XVII – врожденные аномалии; XIX – травмы и отравления.

2. Моделирование и прогнозирование здоровья населения и стратегии управления здравоохранением / А. И. Волков, Д. И. Кичь, В. О. Гурдус и др. Воронеж : Истоки, 2001. 184 с.

3. Селезнев, В. Д. Экономические основы воспроизводства здоровья населения в условиях переходной экономики / В. Д. Селезнев, И. В. Поляков. СПб. : Сударыня, 1996. 79 с.

4. Шишкин, С. В. Экономика социальной сферы / С. В. Шишкин ; Высш. шк. экономики. М. : 2003. 364 с.

5. Барановский, А. П. О возможности применения линейного регрессионного анализа при прогнозировании состояния здоровья в зависимости от факторов окружающей среды / А. П. Барановский, К. Г. Косулин, Л. К. Квартовкина // Гигиена и санитария. 1991. № 11. С. 85–86.

T. N. Plotnikova, G. N. Rusakov

FACTORS OF THE PUBLIC HEALTH SERVICE DEVELOPMENT AS A SOCIAL-ECONOMIC SUBSYSTEM

The realization of a national priorial project in the sphere area of public health service demands a serious approach. All the activities must increase the functioning efficiency of the system itself. The investigation of public health service development factors and conditions allows to reveal working balances of the efficiency growth both tendencies and regularities occuring this system and influence of these tendencies and regularities on the social-economical development of regions.

Keywords: the public health service, social efficiency, regularities and tendencies.

УДК 330.142.211.4

М. А. Горбунов, А. В. Медведев

КОМБИНИРОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОГО И ИМИТАЦИОННОГО ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗЕ ПРОЕКТОВ РЕАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ

Предлагается новый подход в моделировании реальных инвестиций, содержащий в себе элементы уже существующих имитационных и оптимизационных подходов. Приводится описание структуры предлагаемой модели и производится ее сравнение с имитационными и оптимизационными моделями.

Ключевые слова: реальные инвестиции, оценка проектов, оптимизационной и имитационный подход.

Оценивая экономическую ситуацию в России на сегодняшний день, при этом принимая во внимание интенсивные темпы развития экономики, по-прежнему высокий уровень изношенности основных фондов и необходимость структурной перестройки промышленности, сложно переоценить значимость развития методов и инструментов оценки и анализа эффективности реальных инвестиций.

Рассматривая данное направление исследования, необходимо учитывать, что стабильно повышается активность участников инвестиционной деятельности: темпы роста инвестиций в основной капитал составляют 10…11 % в год. Однако при этом инвестиционные ресурсы, поступающие в промышленность, составляют не более 50 % потребности реального сектора. Очевидно, что необходима интенсификация развития рынка инвестиционных проектов и повышение эффективности его функционирования. Это главным образом относится к категории инвесторов.

Одной из основных проблем инвестора, будь то коммерческий банк, инвестиционная компания или органы государственного управления, является быстрая и объективная оценка инвестиционных проектов на предварительном этапе, с помощью которой можно определять перспективы проекта в отношении его эффективности и окупаемости, а также производить отбор альтернативных проектов.

Сегодня в области оценки и анализа инвестиционных проектов широкое распространение получили программные пакеты, основанные на имитационных моделях денежных потоков. В их числе как отечественные, так и зарубежные разработки: Project Expert, «Альт-Инвест», «Инвестор», FOCCAL, «ТЭО-ИНВЕСТ», COMFAR и др.

Краткая характеристика существующих программных пакетов по оценке и анализу реальных инвестиций. Можно выделить следующие особенности, характерные для пакетов, содержащих имитационные модели.

Во-первых, они практически не ограничивают возможности пользователя по количеству шагов в моделировании. В некоторых программах допускается даже планирование с шагом в один день, но чаще всего за интервал планирования принимается календарный месяц.

Во-вторых, фактически нет ограничений по видам производимой продукции, т. е. допускается максималь-

ная детализация по установлению объемов продаж в каждый момент времени.

В-третьих, пакеты прикладных программ, основанные на имитационных моделях, детально учитывают структуру себестоимости. Особенно стоит в этой связи отметить популярные на сегодняшний день отечественные разработки Project Expert и «Альт-Инвест», в которых имеются возможности детального учета следующих компонентов:

– затрат на сырье, в том числе с отсрочкой оплаты;

– налоговых затрат, в том числе с различными льготами, а также возможностью создавать новые налоги с их отнесением на соответствующую налоговую базу;

– затрат на фонд оплаты труда, т. е. их учет в разрезе каждого сотрудника, групп сотрудников, с применением разных форм оплаты труда и т. д.

Перечисленные особенности, безусловно, являются преимуществами и позволяют использовать данные программы как инструмент детальной разработки проекта, формирования прогнозной отчетности и технико-экономического обоснования.

Но при этом следует отметить, что в силу их имитационного характера в них практически отсутствуют возможности получения показателей экономического развития во временной динамике. Это обусловлено тем, что в имитационных моделях, как правило, нет критериев оптимизации и ограничений, в рамках которых проводится оптимизация.

В качестве примера одного из наиболее важных ограничений можно привести спрос на продукцию. Данный показатель определяется на основе статистических данных или маркетинговых исследований и описывает рынок конкретно взятого продукта и место предприятия на данном рынке. Его отсутствие делает затруднительным использование имитационных программных пакетов для управления инвестиционными ресурсами крупного частного инвестора или регионального управляющего центра.

Имеются также существуют многочисленные примеры решения задач распределения финансовых ресурсов инвестора между альтернативными проектами в оптимизационном режиме. Данные задачи решаются с помощью методов линейного программирования на основе уже известных показателей эффективности рассматриваемых проектов. Однако на сегодняшний день не существует эффективных программных пакетов, которые учитывали бы формирование финансовых показателей деятельности предприятия в ходе реализации проекта в оптимизационном режиме.

Необходимо отметить, что учет формирования денежных потоков предприятия в ходе реализации инвестиционного проекта даже в обобщенном виде, без высокой степени детализации, характерной для имитационных моделей, является очень важным, особенно на региональном уровне. Это объясняется тем, что оптимизационная модель, учитывающая спрос на производимую продукцию и механизм формирования финансовых показателей, позволяет видеть максимальную эффективность проекта и использовать денежные средства, полученные в ходе его осуществления, или часть этих денежных средств на развитие самого проекта в оптимизационном режиме.

В то же время сам по себе оптимизационный режим, обладая существенными преимуществами, имеет также и недостатки. Отрицательные его стороны связаны с тем, что он накладывает существенные ограничения на методики расчетов финансовых показателей деятельности предприятия, которые являются основной составляющей модели. В целях сохранения оптимизационного режима требуется отказ от соответствия методик расчетов налоговых платежей и амортизационных отчислений требованиям законодательства, в результате чего методики расчетов данных показателей принимают более обобщенный вид, а полученные результаты носят приближенный характер.

Необходимость упрощения методик расчетов некоторых показателей связана с тем, что алгоритмы их формирования носят нелинейный характер и, следовательно, изменяют класс рассматриваемой задачи, поскольку она уже перестает быть задачей линейного программирования.

В качестве примера можно привести алгоритм расчета единого социального налога, который согласно Налоговому кодексу рассчитывается по регрессивной шкале отдельно для каждого сотрудника, т. е. ставка налога может изменяться в течение календарного года по мере увеличения накопленного фонда оплаты труда.

Структура предлагаемой модели. Предлагаемый вариант совместного использования оптимизационного и имитационного подходов делает возможным как сохранение оптимизационного характера модели, так и соответствие методик расчета промежуточных и итоговых финансовых показателей налоговому законодательству.

Данная комбинация подходов к моделированию приводит к усложнению структуры модели, которая будет состоять из двух уровней (блоков): имитационного и оптимизационного.

Первоначально рассмотрим задачи каждого из них и то, каким образом предполагается осуществление взаимодействия между ними.

Имитационный уровень является подготовительным. Главная его задача – расчет удельных показателей в соответствии с методиками, описанными в законодательстве. При этом необходимо отметить, что на имитационном уровне не моделируется полностью алгоритм расчета чистой прибыли, а производится расчет только тех удельных показателей, которые не представляется возможным корректно рассчитать в оптимизационном режиме.

Взаимодействие двух уровней осуществляется в одностороннем порядке: удельные показатели, рассчитанные на имитационном уровне, являются основой для расчетов, производимых на оптимизационном уровне.

Основным является оптимизационный уровень. Именно на нем осуществляется моделирование денежных потоков предприятия с учетом спроса на продукцию, инвестиционных ограничений и ограничений на производительность закупаемого оборудования. Можно выделить следующие задачи оптимизационного уровня:

– определение необходимого количества основных производственных фондов (ОПФ) на каждом этапе реализации проекта;

– определение эффективности проекта.

Указанные задачи являются взаимосвязанными и обе решаются с использованием данных, полученных на имитационном уровне.

Прежде чем переходить к подробному рассмотрению исходных данных и структуры предлагаемой модели, нужно дать определение базовым понятиям, используемым при моделировании, а также сформулировать основные допущения модели.

Центральным является понятие агрегированного ОПФ. Под агрегированным ОПФ подразумевается минимальный набор ОПФ, включающий в себя различные виды ОПФ, необходимые для начала производства продукции. Таким образом, для запуска производства необходимо приобретение как минимум одной единицы агрегированного ОПФ.

Понятие агрегированного ОПФ является ключевым, поскольку позволяет отказаться от условия, что продукция производится на одном виде ОПФ. С помощью данного приема осуществляется детальный учет состава ОПФ, необходимых для производства. Следовательно, это делает более адекватным применение данной модели на микроуровне и, например, делает возможным более детальное рассмотрение конвейерного способа производства.

Под удельными показателями подразумеваются в данном случае показатели, рассчитываемые на единицу агрегированного ОПФ.

Оптимизационный характер модели в целом сохраняется благодаря тому, что на имитационном уровне удельные показатели никак не связаны с количеством агрегированных ОПФ. Их взаимодействие осуществляется только на оптимизационном уровне.

Основные допущения модели. Теперь сформулируем основные допущения модели.

1. Запуск проекта планируется на первый месяц календарного года.

2. Предполагается, что срок реализации проекта не превосходит сроков полезного использования основных производственных фондов (ОПФ), приобретаемых для его реализации.

3. В ходе реализации проекта предполагается приобретение одного вида агрегированного ОПФ.

Важным является то, что существует возможность отказаться от всех перечисленных допущений, что приведет к усложнению модели, но при этом она не потеряет оптимизационного характера.

Кроме того, в целях обобщения предполагается отнесение покупок агрегированных ОПФ на первое января при шаге один год.

Перечисленные выше допущения сглаживаются, если учитывать то, что приоритетной областью применения данной модели является рассмотрение крупномасштабных проектов на региональном уровне или на уровне отрасли. Но при этом на стадии предварительного рассмотрения возможно также ее использование и на уровне конкретного предприятия.

Исходные данные. Рассмотрим исходные данные, необходимые для оценки и анализа проекта при помощи предлагаемой модели.

1. Параметры проекта:

а) срок реализации проекта;

б) цена единицы продукции, производимой на агрегированном ОПФ;

в) затраты на оборотные активы на единицу продукции, производимой на агрегированном ОПФ (материалоемкость производства).

2. Данные, характеризующие агрегированные ОПФ и их составляющие:

а) количество видов ОПФ в одном агрегированном ОПФ;

б) необходимое количество объектов ОПФ каждого типа, входящего в состав агрегированного ОПФ;

в) стоимость единицы ОПФ каждого типа;

г) срок службы единицы ОПФ каждого типа;

д) производительность единицы агрегированного ОПФ;

е) трудоемкость единицы ОПФ каждого типа, входящей в состав агрегированного ОПФ (количество сотрудников, которые должны работать на одном объекте ОПФ каждого типа);

ж) фонд оплаты труда (ФОТ) в среднем на одного сотрудника, работающего на ОПФ каждого типа.

3. Внешние параметры и ограничения проекта:

а) темп инфляции;

б) ставка дисконтирования предприятия, устанавливаемая для собственных средств, используемых для реализации проекта (если планируется их использование);

в) ставка дисконтирования инвестора, установленная на заемные средств;

г) ставка НДС;

д) ставка налога на имущество;

е) ставка налога на прибыль;

ж) спрос на продукцию, который может задаваться как в виде константы, так и в виде функциональной зависимости;

з) предельное значение внешних инвестиций, выделяемых на реализацию проекта;

и) предельное значение внутренних инвестиций, которые предприятие планирует задействовать для реализации проекта.

Помимо этого, для каждого вида ОПФ, входящего в состав агрегированного ОПФ, необходимо указать метод начисления амортизации: линейный или нелинейный.

Необходимо также отметить возможность использования двух вариантов модели: статического и динамического. В зависимости от выбранного варианта меняется и объем исходных данных. В динамическом варианте значения многих параметров (например, ставки налогов, ставки дисконтирования, спрос на продукцию, инвестиционные ограничения и т. д.) можно задавать для каждого временного интервала в зависимости от выбранного пользователем уровня детализации. В случае использования статической модели данные параметры задаются для всего срока реализации проекта, соответственно результатом модели является эффективность проекта за весь срок его реализации.

Характеристика уровней модели. Остановимся теперь более подробно на каждом уровне модели. Имитационный уровень включает в себя расчет удельных показателей по пяти компонентам в следующем порядке.

1. Стоимость единицы агрегированного ОПФ.

2. Амортизационные отчисления.

3. Налог на имуществ.

4. Фонд оплаты труда.

5. Единый социальный налог.

Расчет стоимости единицы агрегированного ОПФ осуществляется исходя из необходимого количества единиц каждого типа ОПФ, входящего в состав агрегированного ОПФ.

Затем рассчитываются амортизационные отчисления с учетом того, что методы начисления амортизации по отдельным компонентам агрегированного ОПФ могут быть разными. В целях сохранения возможного различия в методах амортизационные отчисления первоначально рассчитываются отдельно по составляющим агрегированного ОПФ. Только после этого рассчитываются итоговые показатели для единицы агрегированного ОПФ.

Расчет налога на имущество производится с учетом предыдущего этапа, из которого берется остаточная стоимость каждого вида ОПФ в каждый момент времени. Затем производится расчет налога для каждого вида ОПФ. Это сделано, чтобы учесть тот случай, что на разные виды имущества могут быть установлены разные ставки налога. После этого находятся итоговые удельные показатели с учетом состава единицы агрегированного ОПФ.

Расчет удельных показателей для ФОТ производится исходя из задаваемых пользователем значений ФОТ для одного сотрудника в разрезе видов ОПФ, входящих в агрегированный ОПФ, а также исходя из состава агрегированного ОПФ. Расчет удельных показателей для ФОТ важен прежде всего для последующего нахождения удельных показателей для ЕСН.

Расчет удельных показателей для ЕСН осуществляется исходя из регрессивной шкалы определения ставки налога. Согласно Налоговому кодексу, расчет налоговой базы и, следовательно, ставки по ЕСН осуществляется для каждого сотрудника. Поэтому ставка определяется исходя из ФОТ, установленного для одного сотрудника в разрезе видов ОПФ. После этого рассчитываются итоговые удельные показатели для единицы агрегированного ОПФ.

Оптимизационный уровень максимизирует эффективность проекта исходя из установленных ограничений. В качестве главного показателя эффективности выбран показатель чистой приведенной стоимости (NPV). Основным элементом оптимизационного уровня является алгоритм расчета чистой прибыли предприятия. В общем виде последовательно рассчитываются следующие показатели.

1. Выручка от реализации.

2. Амортизационные отчисления.

3. Затраты на оборотные активы.

4. НДС.

5. Налог на имущество.

6. ФОТ.

7. ЕСН.

8. Общие затраты.

9. Балансовая прибыль.

10. Налог на прибыль.

11. Чистая прибыль [1].

Все показатели на оптимизационном уровне рассчитываются с учетом накопленного приобретения агрегированных ОПФ. В алгоритме в целях обобщения учитываются только основные виды налогов, характерные для большинства предприятий и имеющие наибольший удельный вес в налоговой нагрузке.

Реализация предлагаемой модели в пакете прикладных программ дает возможность получения оптимальных значений показателей экономического развития проекта или группы однородных проектов во временной динамике. Под однородными подразумеваются проекты, направленные на производство одних и тех же видов продукции с помощью одинаковых видов ОПФ.

Если сравнивать предлагаемую модель с имитационными пакетами, то главным ее преимуществом является оптимизационный характер, благодаря которому существенно расширяется ее область применения. Использование модели на региональном уровне или на уровне отрасли, когда достигнуть высокого уровня детализации в описании ОПФ и расчете финансовых показателей зачастую невозможно, является наиболее целесообразным. В то же время модель можно применять и на микроуровне для предварительной оценки и анализа инвестиционного проекта. В этом смысле модель является эффективным аналитическим инструментом для инвестора. А для детальной разработки проекта, с учетом особенностей поставки материалов, расчетов с контрагентами, учета трудовых затрат и т. д., более целесообразно применять имитационные программные пакеты.

Необходимо отметить, что многие предприятия используют имитационные программные пакеты для тактического планирования деятельности предприятия. Поскольку предлагаемая модель включает внешние параметры, которые в том числе описывают рынок производимого продукта, то программный пакет, основанный на ней, можно использовать для стратегического планирования деятельности предприятия.

Для рассмотрения следующей существенной особенности программы нужно выделить два подхода к оценке и анализу эффективности инвестиционного проекта:

– оценка проекта в составе предприятия;

– оценка проекта «приростным методом» [2].

Выделение данных подходов не зависит от того, создается или нет новое предприятие для реализации инвестиционного проекта.

Оценка с применением описанной модели осуществляется только «приростным методом», в отличие от имитационных прикладных программ. Это предполагает, что в ходе оценки и анализа эффективности проекта учитываются только дополнительные доходы и затраты, вызванные внедрением проекта. В имитационных программах, как правило, при оценке проекта вводится текущая финансовая отчетность предприятия, что дает возможность судить о финансовой эффективности проекта.

Следует отметить, что оценка проекта в составе предприятия производится по большей части для составления прогнозной финансовой отчетности, часто запрашиваемой инвестором. При этом любой инвестор, будь то коммерческий банк или инвестиционная компания, проводит оценку финансовой состоятельности предприятия. Если результат окажется приемлемым для выделения ресурсов предприятию и при этом экономическая оценка проекта положительна, то есть все основания полагать, что и финансовая оценка проекта будет приемлема.

Если сравнивать предлагаемую модель с оптимизационной моделью, то она является более адекватной с позиции детального учета различных компонентов общих затрат предприятия, а также с позиции детального описания ОПФ, закупаемых в ходе реализации проекта. Причем методики расчета данных компонентов соответствуют законодательной базе при одновременном сохранении оптимизационного режима модели в целом.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный вариант комбинирования оптимизационного и имитационного подходов в области оценки и анализа реальных инвестиций дает ряд улучшений по отношению к оптимизационному варианту, при этом существенно не изменяя области применения и сохраняя свои ключевые преимущества в сравнении с имитационным подходом.

Библиографический список

1. Горбунов, М. А. Об одном алгоритме расчета прибыли, используемом при анализе задачи оптимального управления реальными инвестициями предприятия / М. А. Горбунов, А. В. Медведев. // Соврем. проблемы информатизации в экономике и обеспечении безопасности : сб. тр. 2007. Вып. 13. С. 37–41.

2. Старик, Д. Э. Оценка эффективности инвестиционных проектов / Д. Э. Старик // Финансы. 2006. № 10. С. 70–72.

M. A. Gorbunov, A. V. Medvedev

THE COMBINATION OF OPTIMIZATION AND SIMULATION APPROACHES BY VALUATION AND ANALYSIS OF REAL INVESTMENTS

A new approach in modeling of real investments is offered. It contains elements as the existing optimization and simulation approaches. The description of the offered mode structure its comparative analysis with the existing approaches is considered.

Keywords: real investment, projects estimation, optimization and simulation.

УДК 330.101.542

Т. А. Игнатова

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ СРЕДА МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЭКОНОМИКИ

Показана роль институциональной среды в развитии малого предпринимательства на региональном и местном уровне. Выделены основные институциональные факторы его развития. Определены основные социально-экономические факторы развития малого предпринимательства с учетом зарубежного и отечественного опыта с разработкой конкретного инструментария развития и поддержки малого предпринимательства.

Ключевые слова: малое предпринимательство, институциональная среда, конкурентоспособная экономика.

Развитие конкурентоспособной региональной и местной экономики зависит от правильного выбора ее модели с выделением приоритетных сфер, имеющих экономический потенциал развития в условиях оптимально сформированной институциональной среды.

Под институциональной средой развития региональных и местных экономических систем понимаются устойчивые экономические и социальные связи между людьми, нормы и правила, на основе которых формируются экономические и социальные отношения в регионах и реализуется тот или иной способ хозяйствования. Институциональная среда способствует снижению управленческих рисков, снижению трансакционных затрат субъектов экономических отношений и увеличивает совокупный доход региона.

В настоящее время институциональная среда российской экономики не только имеет многочисленные административные барьеры, но и далека от благоприятной для развития конкурентоспособности экономических субъектов, хотя в последнее время предпринимаются меры по изменению структуры российского производства и формированию инновационного сценария развития.

Как показывает мировая практика, высокую конкурентоспособность и стабильный экономический рост обеспечивают факторы, стимулирующие распространение новых технологий. Современные конкурентные преимущества территории можно реализовать не только за счет новых технологий производства, но и управления, организации продвижения товаров с использованием теории кластерного подхода и современных концепций инновационного развития с привлечением малого предпринимательства. Важным фактором повышения конкурентоспособности территории является кластерная модель с участием малого предпринимательства. Учитывая то обстоятельство, что последнее выступает основой формирования конкурентной рыночной экономики и при

группировке фирм в кластеры обеспечивает снижение трансакционных затрат, очевидно, что все участники кластера получают дополнительные конкурентные преимущества. Выигрывает и регион.

Развитие малого предпринимательства в Красноярске характеризуется позитивными тенденциями. В 2006 г. число малых предприятий составило 6 779. По сравнению с 2005 г. их рост составил 111,7 %. В 2007 г. также сохранялась положительная тенденция в развитии малого предпринимательства. По данным департамента экономики города, осуществляющего мониторинг деятельности малых предприятий Красноярска, их число составило 11 740, а рост к предшествующему периоду – 173,1 %. Рост инвестиций в основной капитал увеличился на 68,3 %. Отметим однако, что существенная доля субъектов малого предпринимательства сосредоточена в торговле [1].

В Красноярском крае в 2007 г. действовало 15 879 субъектов малого предпринимательства, в 2006 г. – 10 500 [2], их рост к предшествующему периоду составил 151,2 %. Основная доля субъектов малого предпринимательства сосредоточена в оптовой и розничной торговле – 48,7 %, которая составляет 72,1 % во всем обороте малых предприятий по видам экономической деятельности. Доля малых предприятий сельского хозяйства, охоты, лесного хозяйства составляла 2,7 %, обрабатывающих производств – 10,8 %. Представляется интересным, что большая часть инвестиций в основной капитал малых предприятий сосредоточена по таким направлениям, как операции с недвижимым имуществом, арендой и предоставлением услуг (60 %), оптовой и розничной торговлей (22,8 %). На долю сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства приходится только 6,1 %, обрабатывающего производства – 5,9 % [3].

В реализации крупнейших инвестиционных проектов на территории Красноярского края, на примере Нижнего Приангарья можно наблюдать, что выбранная стратегия развития практически исключает развитие в данном регионе малого и среднего бизнеса, особенно в благодатной для этого отрасли – лесной. Ускоренное строительство в 2007–2009 гг. ЦБК в Богучанах может привести к полной монополизации лесной отрасли [4. С. 45].

Таким образом, как в Красноярском крае, так и в Красноярске основная доля субъектов малого предпринимательства сосредоточена в торговле, также успешно развивается сфера операций с недвижимостью, что нельзя сказать об обрабатывающих производствах, сельском хозяйстве, лесном хозяйстве и других видах деятельности.

Следовательно, в развитии малого предпринимательства на региональном и местном уровне необходимо формировать эффективную институциональную среду, развивать инновационный сектор экономики, целенаправленно поддерживать субъекты малого предпринимательства с выделением приоритетов его развития. Одним из таких приоритетов является развитие инфраструктуры поддержки малого предпринимательства, которая призвана формировать условия для создания и развития субъектов малого предпринимательства, для повышения их конкурентоспособности (учитывая незначительную долю малого инновационного бизнеса в экономике города). В 2006–2007 гг. в Красноярске из общего оборота субъектов малого предпринимательства на инновационные производства приходилось менее 1 %. Это соотношение характерно и для структуры инвестиций в основной капитал организаций малого предпринимательства.

Важным направлением инфраструктурной поддержки малого предпринимательства на муниципальном и региональном уровне выступает создание бизнес-инкубаторов, технопарков.

В 2006 г. в Красноярске начала работу автономная некоммерческая организация «Красноярский городской инновационно-технологический бизнес-инкубатор», учредителями которой стали администрация города и учебно-научно-инновационный комплекс СФУ.

На базе СибГАУ создается инновационная инфраструктура, включающая технопарк, центр трансфера и другие структуры, нацеленные на решение задач коммерциализации разработок и технологий. Технопарк планируется развивать при участии ОАО «ИСС», ОАО «Красмаш» и институтов КНЦ СО РАН.

Для реализации идеи технопарка необходимо предусмотреть широкий спектр организационных, экономических мер, которые возможно предпринять при непосредственной поддержке и взаимодействии муниципалитета с региональными органами власти и другими заинтересованными структурами.

Другим важным направлением в создании инфраструктуры поддержки малого предпринимательства является работа с венчурным фондом. В настоящее время венчурный фонд в Красноярске создан, однако какую роль он сыграет в развитии инновационного малого предпринимательства, покажет время.

Вклад отечественных венчурных фондов в повышение конкурентоспособности российской региональной экономики пока невелик. Реально в России существует два основных инвестора – ЕБРР и Правительство США, тогда как в странах ЕС более 50 % инвестиций в венчурные фонды поступает из банков и пенсионных фондов, участвуют также страховые компании, частные лица и государственные органы. Так, в Великобритании на национальный капитал приходится 55 %, на зарубежный – 45 %, в Финляндии 87 % и 13 % соответственно [5. С. 56].

В России возможности по развитию венчурного капитала пока ограничены, и сложившаяся в формировании венчурного капитала тенденция такова, что механизм участия коммерческих банков слабо реализуем, а средства бюджетов не позволяют рассчитывать на их привлечение в объеме, достаточном для создания венчурных фондов.

На муниципальном уровне совместно с региональными органами власти требуется разработать механизм венчурного инвестирования для малого предпринимательства и разрешить такие проблемы, как отсутствие механизма сбора, обработки и анализа венчурных проектов; отсутствие механизма отношений с инвесторами (схем инвестирования, соотношения риска к возможным доходам); отсутствие базы данных и систем подготовки менеджеров, способных сопровождать венчурный проект; отсутствие реальных схем венчурного инвестирования и нормативно-правовой базы на муниципальном уровне.

Разрешение этих проблем будет способствовать активизации инновационной деятельности малых и средних предприятий, привлечению отечественных и зарубежных инвестиций и коммерциализации технологий города Красноярска и Красноярского края.

Одним из наиболее существенных недостатков инфраструктурной поддержки малого предпринимательства сегодня является слабая обеспеченность субъектов малого предпринимательства нормативно-правовой информацией. Поскольку проблема информатизации остро стоит в целом для города, требуется формирование современных проектов глобальной информатизации, в которых необходимо учитывать интересы малого предпринимательства по основным направлениям (таких, например, как информация о франчайзинге от представителей российского и иностранного бизнеса; потенциальные и реальные возможности расширения и углубления кооперационных связей крупного и малого бизнеса на контрактной и субконтрактной основе; лизинговая информация и т. д.).

Институциональная среда в развитии малого предпринимательства охватывает также систему отношений его субъектов с другими участниками рыночных процессов, что позволяет снижать рыночные трансакции.

Специфика социально-экономических факторов развития малого предпринимательства учитывает трансакционные издержки, снижение в которых рыночных и внутрифирменных трансакций способствует развитию его инвестиционной деятельности. Выделим основные из них: лизинг, франчайзинг, субподряд.

Использование лизинга как широко применяемого в мировой практике инструмента производственного инвестирования является важным фактором развития конкурентоспособности малого предпринимательства. Основное преимущество лизинга сводится к тому, что малое предпринимательство получает возможность задействовать объемы инвестиций, недоступные для его собственного накопления, выходить на рынок современных технологий.

Практика предоставления гарантий и распределения рисков с участием малого предпринимательства между участниками лизинговой сделки в нормативном плане пока отрегулирована недостаточно. Особенно это касается того, какие конкретные риски лизингодателя должны быть покрыты гарантией/поручительством или заранее скалькулированы в величину лизинговых платежей. Сегодня у начинающих малых предприятий, не имеющих возможности представить потенциальному лизингодателю исчерпывающую информацию за предшествующие 2–3 года своей деятельности, лизингодатели требуют либо банковской гарантии, либо поручительства. Для малого предпринимательства банковские гарантии либо недостижимы, либо, с учетом их цены, сводят к нулю эффективность лизинговой сделки.

Поэтому при выработке государственной инвестиционной политики должны учитываться особенности лизинговых операций с малыми предприятиями и создан механизм доступа малого предпринимательства на рынок этих услуг.

Положительным моментом является то, что в последнее время делается возможным субсидирование процентной ставки по лизинговым платежам.

Франчайзинг как система льготного предпринимательства, в той или иной форме существует во многих развитых странах. Он основывается на контрактных взаимоотношениях между франчайзером и предприятием-оператором, в рамках которых франчайзер предлагает или обязуется поддерживать такие области функционирования предприятия, как ноу-хау и обучение. Но при этом оператор ведет дело, используя общую торговую марку и технологию, владельцем которых является франчайзер, он же и контролирует их. Существенным моментом является то, что оператор (малое предприятие) приобретая разработки франчайзера, сокращает риск, связанный с открытием нового бизнеса.

Как отмечает ряд авторов [5; 6], будущее российского малого предпринимательства определяется возможностями формирования тесных кооперативных связей малых и крупных предприятий. Основной формой взаимодействия является система субподряда. При этом крупные предприятия предоставляют малым предприятиям – своим субподрядчикам – в аренду помещения, средства производства, также обеспечивают их на льготных условиях сырьем и материалами. Использование субподряда приобрело чрезвычайно широкий масштаб в рыночной экономике. По имеющимся оценкам [6. С. 70], доля субподряда малого предпринимательства в развитых странах в производстве дорожно-строительного оборудования, электронной техники составляет 50…70 %. Например, зависимость крупного бизнеса от малого ярко иллюстрируется тем фактом, что доля комплектующих изделий в общей стоимости легковых автомобилей, выпускаемых германскими корпорациями «Фольсфаген» и «Даймлер–Бенц», достигает 60 %, а у ведущих автомобильных компаний Японии «Тойота» и «Ниссан» превышает 70 %. Как видно, в разных моделях рыночного хозяйства степень взаимодействия малого предпринимательства с крупным различна. Какова будет «степень плотности» этих связей в России, пока неясно, но очевидно, что эту систему надо развивать.

В региональном аспекте институциональная среда развития малого предпринимательства должна способствовать реализации и защите прав собственности, доступности аренды, защите выполнения контрактов, правил и механизмов, обеспечивающих подотчетность исполнительной власти обществу, созданию правовых, экономических и управленческих механизмов стимулирования вывода на рынок конкурентоспособной инновационной продукции и т. д.

К основным институциональным факторам, способствующим развитию малого предпринимательства и повышению его роли в становлении конкурентных преимуществ региональных экономических систем можно отнести следующие:

– разработанную и утвержденную программу социально-экономического развития региона (города) с выделением подпрограммы развития малого предпринимательства со сценариями развития, в том числе и инновационным, программными мероприятиями и механизмом реализации;

– приоритетные проекты, охватывающие национальный и международный уровень;

– инфраструктуру развития предпринимательства (бизнес-инкубаторы, технопарки и т. д.);

– совершенствование законодательной и нормативно-правовой базы, способствующей инновационному развитию региона и устойчивому формированию, развитию и реализации его конкурентных преимуществ с участием субъектов малого предпринимательства.

Институциональная среда региона взаимосвязана с институциональной средой страны. Поскольку институциональная среда состоит из правил, следование которым принесет выгоды всем хозяйствующим субъектам, то будут создаваться стимулы для экономического развития региона и страны. Институциональная среда будет более эффективной, если институты в большей степени будут снижать непроизводительную часть трансакционных издержек. По мнению Г. Ж. Колодко, более конкурентоспособна инфраструктура институтов американской экономики по сравнению со странами ЕС, «американские институты менее бюрократизированы, нежели их аналоги в странах ЕС, поэтому они обеспечивают благоприятную среду для развития бизнеса и роста конкурентоспособности предприятий [7. С. 27]. Ярким примером страны – лидера в мировой конкурентоспособности за счет высокотехнологичного экспорта – является Финляндия. Страна превратилась в высокотехнологичную благодаря развитию институциональной среды – поддержкой со стороны государства долгосрочной стратегии компании «Нокиа», малых и средних предприятий и сформированной эффективной системы взаимодействия крупного, малого и среднего бизнеса.

В региональном аспекте институциональная среда должна быть ориентирована на создание правовых, экономических и управленческих механизмов стимулирования вывода на рынок конкурентоспособной инновационной продукции, формирование конкурентных преимуществ региона.

К институциональным факторам, способствующим развитию конкурентных преимуществ территории, могут быть отнесены следующие:

– повышение конкурентоспособности местных производителей продукции и услуг, в том числе и субъектов малого предпринимательства;

– превращение региона в инновационный центр национального уровня с созданием инновационных кластеров с участием малого предпринимательства;

– повышение эффективности взаимодействия участников инновационного процесса в рамках региональной инновационной системы.

Для этого необходимо формировать спрос на инновации и стимулировать увеличение их предложения. Позитивным примером формирования инновационного спроса и увеличения инновационного предложения в Сибирском регионе стала Межрегиональная конференция «Инновации – городам Сибири», которая состоялась 9 июня 2008 г. в Новосибирске с привлечением научных организаций, инновационных малых предприятий и представителей власти. В рамках данной конференции были представлены конкретные инновационные проекты малых предприятий и определились потенциальные инвесторы в различных регионах Сибири.

В условиях финансового кризиса институциональная среда должна быстро реагировать и корректировать подходы к созданию конкурентоспособной модели региональной экономики с участием субъектов малого предпринимательства как наиболее мобильных агентов рыночных отношений.

В институциональных преобразованиях необходимо решить ряд задач.

Во-первых, это повышение эффективности управления на федеральном, региональном и местном уровнях для создания конкурентоспособной модели региональной экономики. Для этого необходимо совершенствовать систему земельных, имущественных отношений, а также формировать конкурентные процедуры госзакупок, совершенствовать налогово-бюджетную систему, формировать доступную систему кредитования малого предпринимательства, формировать инновационную инфраструктуру с участием субъектов малого предпринимательства.

Во-вторых, расширение участия гражданского общества в институциональных преобразованиях. Гражданское общество является саморазвивающейся и самоуправляющейся системой. Одной из важнейших характеристик эффективного развития общества является гражданская инициатива как осознанная и активная деятельность во благо общества. Например, инициатива объединения предпринимателей оказалась способной корректировать законы о развитии малого и среднего предпринимательства на региональном и федеральном уровне. В результате, в России появился Федеральный закон РФ от 24 июля 2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» [8].

В Красноярске накоплен положительный опыт использования гражданских инициатив в проведении ежегодных форумов при взаимодействии общества, власти и бизнеса.

В-третьих, необходимо решить задачу формирования эффективного инновационного сектора с развитием малого и среднего бизнеса. В развитых странах стимулирование рынка высокотехнологичной продукции осуществляется с помощью системы закупок продукции у инновационного бизнеса. Для этого в бюджете США, например, предусматривается определенный процент [6. С. 119]. В российской системе госзаказов можно предусмотреть обязательный процент для закупок высокотехнологичной продукции у малых фирм, тем самым будет активно стимулироваться развитие малого инновационного бизнеса.

В Красноярске и Красноярском крае действуют программы поддержки и развития малого предпринимательства, в которых предусмотрены различные формы финансовой, информационной поддержки. Важным моментом является субсидирование процентной ставки по кредитам и лизинговым платежам, а также создание инфраструктуры поддержки субъектов малого предпринимательства.

Однако пристальное внимание необходимо сосредоточить на инновационном развитии малого предпринимательства, так как этот сектор экономики слабо развива-

ется как в регионах, так и в целом по России. Всем уровням власти необходимо поддерживать инновационно активное малое предпринимательство, поскольку планируется удвоение доли высокотехнологичной продукции в ВВП страны к 2020 г.

Таким образом, только эффективное взаимодействие власти, бизнеса и общества приведет к положительным преобразованиям в институциональной среде для развития малого предпринимательства на региональном и местном уровнях в целях повышения конкурентоспособности региональной и местной экономики.

Формирование региональной и муниципальной политики поддержки и развития малого предпринимательства должно скорректировать основные подходы к роли малого предпринимательства в региональной экономике по созданию условий для реализации основных социально-экономических факторов его развития, с выделением приоритетов его развития и с усилением его инновационной составляющей.

В становлении конкурентоспособной региональной экономики необходима научно обоснованная инвестиционная программа края на долгосрочную перспективу, в которой была бы отражена кластерная модель с участием малого предпринимательства с соответствующими структурами и организациями для создания прочной системы развития малого предпринимательства в целях обеспечения конкурентоспособности экономики города и региона с использованием потенциала субъектов малого предпринимательства.

Библиографический список

1. Мониторинг деятельности малых предприятий г. Красноярска в 2007 году [Электронный ресурс] // Красноярск. Администрация города. Новости. Электрон. дан. 31.03.2008. Режим доступа: http://www.admkrsk.ru/doc.asp?id=24364. Загл. с экрана.

2. Экономика Красноярского края в 2007 году : статистический ежегодник № 1-12 // Красноярскстат. Красноярск, 2008.

3. Социально-экономическое положение Красноярского края в 2007 г. : доклад № 1-1 // Красноярскстат Красноярск, 2007.

4. Нижнее Приангарье на новом этапе освоения возможности формирования промышленных кластеров / В. В. Воробьева, Т. Н. Носикова, В. Д. Ионова, В. Ю. Малов // Ин-т экономики и орг. пром. пр-ва. Новосибирск, 2007.

5. Власов, А. Венчурный капитал и малое предпринимательство / А. Власов // Общество и экономика. М. : 1999. № 2. С. 93–99.

6. Бухвальд, Е. Российская модель взаимодействия малого и крупного предпринимательства / Е. Бухвальд, А. Виленский // Вопр. экономики. 1999. № 12. С. 66–78.

7. Колодко, Гж. В. Великий постсоциалистический поворот / Гжегож В. Колодко. СПб. : Юридический центр Пресс, 2006.

8. О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации : федер. закон : [24 июля 2007 г. № 209-ФЗ]. Рос. газ. 2007. № 4427.

T. A. Ignatova

THE INSTRUMENTATION ENVIRONMENT FOR THE DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE BUSINESS AND REGIONAL AND MUNICIPAL ECONOMY COMPETITIVENESS FORMATION

The institutional environment and its factors for small-scale business are analyzed. The author made practical approaches to the mechanism of municipal and regional policy of the small-scale business maintenance and development, taking into consideration both foreign and domestic experience. The author also elaborates tools for business maintenance and development.

Keywords: a small business, an institutional environment, a competitive economy.

УДК 338.984

И. В. Шурдукалов

МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Приведена характеристика методов адаптивного управления строительной организацией в нестабильных условиях хозяйствования.

Ключевые слова: адаптивное управление, показатель эффективности, управление строительной организацией.

Переход от директивно-плановых к рыночным формам хозяйствования потребовал от российской экономической науки коренного пересмотра основных положений концепции управления строительными предприятиями. Во-первых, это обусловлено сменой собственника средств производства, результатом которой стала полная самостоятельность первичных звеньев в экономике. Во-вторых, появились и стали усиливаться элементы непредсказуемости изменений проблемной среды, происходящих быстрыми темпами, как на микроэкономическом, так и на макроэкономическом уровне развивающегося рынка. Все это в конечном счете и определило актуальность и объективную необходимость разработки новых и в первую очередь адаптивных методов управления строительным предприятием [1].

Необходимость создания адаптивных систем управления строительным предприятием обусловливается его деятельностью в нестационарных, слабо предсказуемых условиях хозяйствования. Учитывая также, что в процессе управления сложными экономическими объектами принимаемые решения могут опираться как на данные, полученные с применением экономико-математических методов, так и приниматься менеджерами на интуитивной основе, то и адаптивное управление должно сочетать в себе как аналитические, так и эвристических методы решения задач строительного предприятия [2–4].

В основу аналитических методов адаптации предприятия к нестабильным условиям среды закладываются методы адаптивного управления, учитывающие отклонения исследуемых показателей от заданных им значений.

Например, если произвольный показатель эффективности $D_э$ зависит от одного параметра $x(t)$, который изменяется линейно во времени, то закон его изменения во времени в установившемся режиме функционирования предприятия будет определяться линейной функцией вида

$$D_э(t) = k \cdot x(t),$$

где k – коэффициент пропорциональности, определяемый исходя из желаемых условий функционирования объекта управления.

Отсюда следует, что планирование производственной деятельности строительного предприятия в динамической среде сводится к определению такого значения коэффициента пропорциональности и заданию такого закона изменения во времени параметра $x(t)$, которые позволяют получить требуемое итоговое значение соответствующего показателя $D_э$ по истечении отчетного периода времени.

При этом задача адаптивного управления строительным предприятием будет состоять в проведении таких управленческих мероприятий, которые дадут возможность устранить недопустимые отклонения фактического значения параметра от заданного на протяжении всего отчетного периода путем корректировки коэффициента пропорциональности k для перевода объекта управления в новый установившийся режим в случае изменения условий его функционирования.

Для более сложного случая, когда показатель эффективности $D_э$ объекта управления зависит от множества параметров $\{x_i(t)\}$, $i = 1, n$, изменение показателя во времени может определяться, например, линейной полиномиальной зависимостью вида $D_э = k_0 + k_1x_1(t) + k_2x_2(t) + \ldots + k_nx_n(t)$, а в еще более сложном случае и нелинейной зависимостью от параметров $x_i(t)$.

При этом коэффициенты пропорциональности k_i должны вычисляться, исходя из требуемой или планируемой (желаемой) траектории изменения во времени показателя $D_э$ и планируемых траекторий изменения во времени параметров $x_i(t)$, например, вводимых в производство факторов.

Для получения зависимостей желаемого изменения показателя $D_э$ во времени в процессе планирования задаются следующие таблицы (см. таблицу).

Затем по данным таблицы, применяя методы многофакторного анализа, формируют аналитическую зависимость изменения показателя $D_э$ [5].

Следует отметить, что учитывая совместное влияние параметров $x_i(t)$ на значение показателя $D_э$, трудно определить, какой из коэффициентов k_i необходимо скорректировать при возникновении недопустимого его отклонения от требуемого значения. Поэтому задачу адаптивного управления следует решать путем подбора значений различных коэффициентов, начиная с наиболее значимого из них, и определения управленческих мероприятий, позволяющих оптимальным образом устранить возникшее отклонение показателя от его запланированного значения.

Для поиска решения данной задачи может быть использована следующая методика [1].

1. Ранжировать все параметры $x_i(t)$, $i = 1, n$ в порядке роста их влияния на показатель $D_э$.

2. Выбрать параметр x_i с максимальным рангом.

3. Выбрать шаг приращения Δk_i изменения коэффициента k_i, соответствующего исследуемому параметру.

4. Оценить пробное изменение значения коэффициента при выбранном параметре в сторону увеличения.

5. Проверить условие «отклонение между заданным и фактическим значениями параметра уменьшается». Если условие выполняется, то перейти к п. 6; в противном случае перейти к п. 8.

6. Проверить условие «значение отклонения поменяло знак после изменения коэффициента и его величина осталась недопустимой». Если условие выполняется, то исключить исследуемый параметр из числа анализируе-

мых в дальнейшем и перейти к п. 2; в противном случае перейти к п. 7.

7. Проверить условие «отклонение устранено». Если условие выполняется, то определить и провести с учетом корректировки коэффициента k_i организационно-управленческие мероприятия, приводящие к устранению текущего отклонения показателя $D_э$ от заданного значения и позволяющие поддержать требуемое значение скорректированного коэффициента; в противном случае перейти к п. 3.

8. Оценить пробное изменение значения коэффициента при выбранном параметре в сторону уменьшения, перейти к 5.

Следует отметить, что при $n = 1$ предложенная методика корректировки показателей эффективности без принципиальных изменений может быть использована для однопараметрических зависимостей.

При возникновении ситуации, когда аналитическое выражение, отображающее желаемые изменения показателей эффективности, определить сложно или невозможно, то для организации адаптивного управления строительным производством путем изменения запланированных значений производственных показателей можно воспользоваться оценкой скорости их варьирования $v(D_э)$. Учитывая, что в стационарных условиях, т. е. в установившемся режиме функционирования, скорость изменения параметров является постоянной, то на заданном интервале времени ее можно определить, используя следующее выражение:

$$v(D_э) = [D_э(t_n) - D_э(t_1)]/(t_n - t_1),$$

где $D_э(t_1)$ – среднее значение анализируемого показателя за прошедший период, т. е. в начальной точке отсчета t_1; $D_э(t_n)$ – целевое (запланированное) значение показателя в конечной точке отсчета t_n; $(t_n - t_1)$ – отчетный промежуток времени.

Отсюда требуемое значение $D_{э.т}(t_i)$ анализируемого показателя в произвольный момент времени t_i будет вычисляться по его заданной скорости $v(D_э)$ согласно следующему выражению:

$$D_{э.т}(t_i) = v(D_э)(t_i - t_1).$$

Если полученное желаемое значение показателя не совпадает с фактическим его значением $D_{э.ф}(t_i)$ в момент времени t_i, то необходимо провести корректировку скорости изменения показателя и выполнить соответствующие организационно-управленческие мероприятия, позволяющие перевести объект в новое устойчивое состояние, поддерживающее требуемое значение скорости и заданное значение исследуемого показателя, а также устранить возникшее отклонение в течение интервала времени Δt.

Для определения скорости $v_у(D_э)$, требуемой для устранения отклонения показателя следует воспользоваться следующим выражением:

$$v_у(D_э) = (|D_{э.т}(t_i) - D_{э.ф}(t_i)|)/\Delta t,$$

где $|D_{э.т}(t_i) - D_{э.ф}(t_i)|$ – абсолютная величина разности сравниваемых значений показателя.

Требуемая же скорость изменения параметра в новых условиях среды будет определяться на основе следующего выражения:

$$v(D_э) = [D_э(t_n) - (v_у(D_э)\Delta t)] / [t_n - (t_i + \Delta t)].$$

Таким образом, задача адаптивного управления процессом изменения состояния объекта путем устранения возникающих отклонений показателей эффективности $D_э(t)$ сводится к корректировке и проведению организационно-управленческих мероприятий, связанных с переводом объекта в новое устойчивое состояние, позволяющее поддерживать требуемую скорость изменения соответствующего производственного показателя во времени и устранить наблюдаемые отклонения, возникшие в результате изменения условий функционирования строительного предприятия.

Библиографический список

1. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, А. Джекобсон. М. : ДМК-Пресс, 2000.

2. Калашян, А. Н. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии / А. Н. Калашян, Г. Н. Калянов. М. : Финансы и статистика, 2003.

3. Моделирование бизнеса. Методология ARIS / М. Каменнова, А. Громов, М. Ферапонтов, А. Шматалюк. М. : Весть-МетаТехнология, 2001.

4. Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам : пер. с англ. / А. Коберн. М. : Лори, 2002.

5. Крачтен, Ф. Введение в Rational Unified Process : пер. с англ./ Ф. Крачтен. М. : Вильямс, 2002.

Планируемые изменения показателя $D_э$

Вехи	t_1	t_2	t_3	t_4	…	t_m
$D_э$	$D_{1э}$	$D_{2э}$	$D_{3э}$	$D_{4э}$	…	$D_{mэ}$
x_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	…	x_{1m}
x_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	…	x_{2m}
. .	…	…	…	…	…	…
x_n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{n4}		x_{nm}

I. V. Shurdukalov

THE ADAPTIVE CONTROL OF CONSTRUCTION ORGANIZATION METHODOLOGY

The adaptive control methods of construction organization in unstable management conditions are described.

Keywords: the adaptive control, efficiency indexes, control of building company.

УДК 334.722.8 658.001.76.12.4

М. А. Кручинин

ФОРМИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Рассматриваются теоретические и прикладные задачи, связанные с формированием и реализацией устойчивой инновационной политики. При этом выбор метода оценки эффективности инноваций и успешная реализация инновационного развития предприятия энергетики определяются конкретными целями и задачами инновационной политики.

Ключевые слова: инновационная политика, критерии оценки, энергоемкость, целевые показатели.

Энергетика – это отрасль промышленности с большой капиталоемкостью и высокой концентрацией производства, полной автоматизацией основных технологических процессов и высокой степенью механизации процессов вспомогательных. Отрасль оказывает огромное влияние на эффективность функционирования экономических систем во всех отраслях национальной экономики.

В современной экономике инновационный путь развития предприятий признан магистральным и зачастую единственно возможным для обеспечения длительного и мощного экономического подъема производства. Вот почему в современных условиях инновационное развитие предприятий электроэнергетики рассматривается как ведущий фактор, способствующий усилению их конкурентных позиций на рынке. В процессе адаптации научно-технического потенциала к рыночным условиям происходит сложный процесс перехода от нововведений технологического характера к нововведениям, основанным на вызове со стороны спроса; от традиционных линейных моделей нововведений к современным нелинейным и системно интегрированным моделям.

Посредством устойчивой инновационной политики, обеспечивающей согласование качественных и количественных связей всех элементов инновационной деятельности предприятия, создаются условия для непрерывного инновационного саморазвития, повышения эффективности производства и роста конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. При ее отсутствии предприятия переходят на «старт/стоповый» режим осуществления инновационных процессов, характеризующийся разрывом или неэффективностью связей между стадиями инноваций, расхождением интересов субъектов инновационной деятельности и медленным формированием организационных структур. В результате повышается риск недостижения заданных параметров реализуемого инновационного проекта.

Формирование инновационной политики предприятия энергетики, адекватной современным экономическим условиям, является важнейшей задачей достижения конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе и повышения эффективности его хозяйственной деятельности.

Анализ современного состояния электроэнергетики, а также тенденций ее развития позволил выявить следующие проблемы: возможность появления дефицита электроэнергии; снижение надежности энергоснабжения; низкая эффективность системы установления тарифов на электроэнергию; большие объемы перекрестного субсидирования; рост тарифов на электроэнергию; высокая зависимость национальной экономики от тарифов на электроэнергию; опасность перехода энергоснабжающего объекта в собственность конкурентов.

Невосполнимое выбытие генерирующего оборудования из-за его физического износа создает угрозу возникновения дефицита электроэнергии. В настоящее время основные фонды объектов российской энергетики имеют большие сроки службы и физически изношены. В их возрастной структуре преобладают машины и оборудование, свыше 63 % которого имеет срок службы более 15 лет, что существенно превышает аналогичный показатель большинства других отраслей. На основные фонды, срок службы которых не превышает 5 лет, приходится немногим более 4 % [1].

Исходя из прогнозируемого спроса на электроэнергию при высоких темпах развития экономики (оптимистический и благоприятный варианты), ее суммарное производство должно возрасти по сравнению с 2000 г. более чем в 1,2 раза к 2010 г. (до 1 070 млрд кВт · ч) и в 1,6 раза к 2020 г. (до 1 365 млрд кВт · ч). При более низких темпах развития экономики (умеренный вариант) производство электроэнергии должно составить соответственно 1 015 и 1 215 млрд кВт/ч. Для обеспечения прогнозируемых уровней электро- и теплопотребления при оптимистическом и благоприятном вариантах вводимые генерирующие мощности на электростанциях России (с учетом замены и модернизации) на период 2003–2020 гг. оцениваются примерно в 177 млн кВт, в том числе на ГЭС и ГАЭС 11,2 млн кВт, на АЭС – 23, на ТЭС – 143 млн кВт (из них на ПГУ и ГТУ – 37 млн кВт), а при умеренном варианте – около 121 млн кВт, в том числе на ГЭС и ГАЭС – 7 млн кВт, на АЭС – 17, на ТЭС 97 млн кВт (из них на ПГУ и ГТУ – 31,5 млн кВт) [1].

Если не выполнять работу по воспроизводству основных фондов, то согласно прогнозу выработки энергетическими объектами предельного ресурса, мощность оборудования ТЭС и ГЭС, достигшая этого ресурса, составит к 2011 г. около 51 % (89,4 млн кВт) их общей мощности. Оставшиеся мощности уже не смогут полностью обеспечить энергопотребление, а наметившаяся с 1999 г. тенденция его роста еще более приблизит появление дефицита энергии. В сложившейся ситуации возникает опасность разрыва между имеющимися мощностями электроэнергетики и спросом на электроэнергию и тепло со стороны потребителей. В этом случае избыточный спрос,

превышающий возможности выработки и доставки электроэнергии и тепла, останется неудовлетворенным, а цены резко повысятся. Такая ситуация нанесет явный ущерб экономическому развитию промышленных предприятий.

У промышленных потребителей появилось осознание опасности снижения надежности энергообеспечения. В последние годы наметилась устойчивая тенденция снижения уровня надежности в системах внешнего энергоснабжения и ускорения старения основного оборудования РАО «ЕЭС России». Наличие в энергосистемах изношенного, выработавшего свой ресурс оборудования, доля которого уже превысила 21 % всех мощностей, и отсутствие возможности его восстановления вводит электроэнергетику в зону повышенного риска, технологических отказов, аварий и, как следствие, снижения надежности энергоснабжения.

Российской экономике свойственна большая энергоемкость. Для некоторых секторов экономики характерна чрезмерно высокая электроемкость, а доля затрат на электроэнергию в структуре издержек равна 5…35 %. Стоимость электроэнергии в себестоимости продукции в среднем составляет: в цветной металлургии – 8,6 %, в химии и нефтехимии – 7,0 %, в нефтепереработке – 6,8 %, в черной металлургии – 5,8 %, в нефтедобыче – 4,8 % [2]. Это оказывает большое влияние на конкурентоспособность продукции.

Отметим, что приведенные данные не в полной мере отражают значимость затрат на электроэнергию для каждой отрасли. Прибыль металлургических комбинатов, например, в гораздо большей степени зависит от затрат на электроэнергию, чем прибыль в промышленности стройматериалов при относительно равных затратах в структуре себестоимости. Конкурентоспособность некоторых энергоемких отраслей промышленности, таких как цветная и черная металлургия, химия и нефтехимия, может быть обеспечена лишь за счет низкой цены на энергию. Большинство предприятий этих отраслей экспортоориентированы, функционируют на международных рынках и не могут переложить рост затрат на электроэнергию на потребителя.

Таким образом, в настоящее время и в перспективе существует множество факторов, обусловливающих необходимость перехода предприятий электроэнергетики на инновационную стратегию развития.

Инновационное развитие предприятий энергетики невозможно без проведения устойчивой инновационной политики, стимулирующей инновационную восприимчивость организации.

Под устойчивой понимается такая политика, которая обеспечивает согласование качественных и количественных связей всех элементов инновационной деятельности предприятия. Разработка устойчивой инновационной политики актуальна, поскольку в качестве основных источников инновационного развития выступает система внутренних дестабилизирующих противоречий между целями, ресурсами и структурой:

– системная неустойчивость по группе противоречий «цели–ресурсы» и «структура–ресурсы», отражающая несовершенство материально-технического основания системы;

– системная неустойчивость по группе противоречий «ресурсы–структура» и «структура–цели», связанная с неэффективностью структуры, ее неадекватностью относительно целей и ресурсов;

– системная неустойчивость по группе противоречий «ресурсы–цели» и «цели–структура», связанная с несоответствием целеполагания.

Разрешение системных противоречий за счет проведения устойчивой инновационной политики направлено на установление равновесия между режимами функционирования и развития предприятия путем согласования структуры, ресурсов и целей.

Главная цель инновационной политики предприятия энергетики состоит в создании условий, обеспечивающих инновационное саморазвитие компании, повышение эффективности производства и рост конкурентоспособности в долгосрочной перспективе за счет внедрения инноваций. Задачи инновационной политики заключаются в обосновании приоритетов и направлений инновационного развития; грамотной организации инновационных процессов, обеспечивающих эффективное взаимодействие всех субъектов инновационной деятельности; оценке инновационного потенциала предприятия; активизации инновационной деятельности; выборе и реализации инновационных проектов, оказывающих влияние на повышение конкурентоспособности; разработке сценариев инновационного развития; концентрации ресурсов на приоритетных направлениях инновационной политики; реализации других мероприятий.

Решающим препятствием, сдерживающим инновационное развитие предприятий, является не столько отсутствие финансовых ресурсов, сколько качество инновационного менеджмента, в частности, дефицит специалистов в области инновационной деятельности и отсутствие эффективных методик внедрения новых технологий. Подтверждением этому может служить факт, выявленный Центром экономической конъюнктуры. Среди руководителей предприятий, не осваивающих инноваций, сохраняется высокий удельный вес тех, которые не видят необходимости в инновационной деятельности. Таких предприятий в среднем по России – 37…38 %.

Экономическим содержанием процесса формирования устойчивой инновационной политики предприятия является определение направления развития каждого из показателей деятельности организации и построение экономико-математической модели, определяющей взаимосвязь между уровнем и темпами развития каждого элемента инновационной политики и показателями деятельности организации в целом с учетом лага во времени и минимизации капитальных вложений.

Модель формирования инновационной политики предприятия энергетики можно представить в виде:

$$П = \sum_{i=1}^{N} r_i П_i \text{ и } \sum_{i=1}^{N} r_i = 1,$$

где $П_i$ – значение (объем) i-го элемента инновационной политики предприятия; r_i – весовой коэффициент i-го элемента инновационной политики; N – число элементов инновационной политики.

Каждый элемент инновационной политики можно охарактеризовать соответствующим портфелем целевых показателей:

$$П_i = f(C_j^{t+f}),$$

где i – номер (название) элемента инновационной политики ($i = 1, \ldots N$); j – номер (название) соответствующего целевого показателя элемента инновационной политики ($j = 1, \ldots K$); f – величина соответствующего временного лага; C_j^{t+f} – значение j-го целевого показателя i-го элемента инновационной политики предприятия в $(t+f)$ году.

Набор целевых показателей зависит прежде всего от элемента и вида осуществляемой инновационной политики, а также от задач проводимого исследования. В качестве целевых показателей могут выступать объем реализации, прибыль, коэффициент качества, себестоимость, фондовооруженность и т. д.

Результатом формирования инновационной политики являются объемные показатели развития элементов и совокупные капиталовложения.

Для обеспечения конкурентных преимуществ рекомендуется формирование инновационной политики исходя из ресурсно-рыночного подхода.

Разработку инновационной политики предприятия энергетики необходимо осуществлять поэтапно. Можно выделить 8 этапов формирования сбалансированной инновационной политики:

1) определение целей и задач;

2) анализ внешней и внутренней среды (диагностика ИПС);

3) разработка концепции (синтез информации и определение направлений инновационной деятельности предприятия);

4) оценка инновационного потенциала предприятия;

5) формирование портфелей «инноваций» и «инновационных проектов»;

6) формулировка инновационной политики;

7) реализация инновационной политики;

8) внедрение результатов реализации инновационной политики.

В качестве главного оценочного критерия эффективности инноваций предлагается использовать чистую текущую стоимость. NPV можно рассматривать как цену, по которой инвестор мог бы продать инновационный проект, получив нормальную экономическую прибыль. Применение NPV в качестве оценочного критерия предпочтительно по ряду причин:

– NPV отражает реальный экономический эффект инвестиций в инновации, то есть приведенные к настоящему времени доходы за вычетом издержек;

– NPV характеризует приток денежных средств, которые могут быть направлены на сбережения (капитализированы) и на потребление.

Поскольку инновационная политика реализуется в форме конкретных инновационных проектов, то эффективность проводимой политики инновационного развития определяется либо посредством оценки конкретного инновационного проекта, либо оценки инновационной деятельности, предполагающей реализацию портфеля инноваций. В свою очередь, успешное осуществление инновационных проектов прорывного характера определяет эффективную реализацию инновационной политики предприятия в целом.

Следует отметить, что система комплексной оценки эффективности инновационной деятельности должна обеспечивать учет множественных целей управления, ограничений, возможности проведения факторного анализа и т. д. Кроме того, она должна включать показатели для оценки инноваций в ситуациях, не позволяющих использовать критерий NPV, в том числе для продолжающейся инновационной деятельности.

В отличие от динамических показателей оценки инноваций, предполагающих единственность цели развития предприятия энергетики, рейтинговая оценка способна обобщить показатели, отражающие разнородные цели. Это особенно актуально, поскольку зачастую перед предприятием стоит несколько равноправных стратегических целей, в том числе и не носящих финансового характера. В данном случае применяются методы многокритериального анализа и оценки инноваций, которые позволяют сравнивать разнородные величины, не только выраженные в разных единицах измерения, но и имеющие различную природу – экономическую, социальную, экологическую, демографическую и т. д. (табл. 1).

Для расчета нормированных значений соответствующий показатель экономического, социального и другого эффекта инноваций делится на аналогичный показатель региона, в котором осуществляется проект. Весовые коэффициенты определяются экспертным методом. В результате проведения расчетов находится рейтинговая оценка эффективности инноваций, которая впоследствии применяется для сравнения альтернатив и принятия решений по конкретному инновационному проекту. Сложность состоит в установлении порогового значения рейтинга, при котором рассматриваемый инновационный проект будет считаться приемлемым.

В качестве примера комплексной оценки проведен анализ эффективности реализации проекта реконструкции гидроагрегата Красноярской ГЭС (табл. 2).

Особый интерес представляет собой оценка эффективности инновационной деятельности предприятия энергетики в целом. В качестве первого этапа оценки инновационной деятельности в отличие от анализа конкретных инноваций может выступать структурно-динамический анализ количества нововведений в разрезе подразделений предприятия. Разница между принятыми к внедрению и внедренными новшествами характеризует результаты деятельности за отчетный и предыдущий периоды. Для повышения обоснованности оценок рекомендуется взвешивать количество новшеств по ожидаемому экономическому эффекту или по величине капиталовложений. По-мнению Д. А. Ендовицкого, величина реализованного экономического эффекта и вклад нововведений в прирост финансовых результатов показывают величину инновационного потенциала [1. С. 117].

На основании результатов исследования можно сделать вывод, что формирование и реализация устойчивой инновационной политики являются объективной необходимостью для обеспечения надежности функционирования предприятия и повышения эффективности производства.

Библиографический список

1. Ендовицкий, Д. А. Организация анализа и контроля инновационной деятельности хозяйствующего субъекта / Д. А. Ендовицкий, С. Н. Коменденко ; под. ред. Л. Т. Гиляровской. М. : Финансы и статистика, 2004. 272 с.

2. Соколов, Д. В. Предпосылки анализа и формирования инновационной политики / Д. В. Соколов, А. Б. Титов, М. Н. Шабанова. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та экономики и финансов, 1997. 134 с.

Таблица 1

Пример комплексной многокритериальной оценки эффективности инновационного проекта по реконструкции гидроагрегата

№ п/п	Показатель	Значение	Нормированное значение	Весовой коэффициент	Составляющая рейтинга
1	Чистая текущая стоимость инновационного проекта	NPV, млн р.	$\frac{\text{NPV}}{1}$	V_1	$\frac{\text{NPV}}{1}\cdot V_1$
	Первоначальные затраты	I, млн р.			
2	Количество рабочих мест, созданных в результате реализации проекта	РМ, человекоместо	$\frac{РМ}{Б}$	V_2	$\frac{РМ}{Б}\cdot V_2$
	Среднее количество безработных в регионе	Б, человек			
3	Прирост ВВП региона в результате реализации инновационного проекта	ΔВВП, млн руб.	$\frac{\Delta\text{ВВП}}{\text{ВВП}}$	V_3	$\frac{\Delta\text{ВВП}}{\text{ВВП}}\cdot V_3$
	Текущий ВВП региона	ВВП, млн руб.			
4	Прогнозный прирост заболеваемости	ΔЗБ, человеко-дней/год	$\frac{\Delta\text{ЗБ}}{\text{ЗБ}}$	$-V_4$	$\frac{\Delta\text{ЗБ}}{\text{ЗБ}}\cdot(-V_4)$
	Текущий уровень заболеваемости	ЗБ, человеко-дней/год			
5	Бюджетный эффект в результате реализации проекта	ΔН, млн руб.	$\frac{\Delta\text{Н}}{\text{Н}}$	V_5	$\frac{\Delta\text{Н}}{\text{Н}}\cdot V_5$
	Бюджет региона	Н, млн руб.			
6	Прогнозный уровень выбросов загрязняющих веществ в результате реализации проекта	ΔЗВ, ПДК	$\frac{\Delta\text{ЗВ}}{\text{ЗВ}}$	$-V_6$	$\frac{\Delta\text{ЗВ}}{\text{ЗВ}}\cdot(-V_6)$
	Текущий уровень выбросов загрязняющих веществ	ЗВ, ПДК			
N	Другие показатели	Δ*N*, ед. изм.	$\frac{\Delta N}{N}$	V_N	$\frac{\Delta N}{N}\cdot(\pm V_N)$
		N, ед. изм.			
	ИТОГО рейтинг				$\sum_1^N \Pi_N$

Таблица 2

Основные показатели экономической эффективности проекта

№ п/п	Наименование показателей	Ставка дисконтирования	
		r = 11,53 %	r = 15 %
1	Дополнительная выручка от реализации в год на 1 г/а с учетом инфляции (в ценах 2006 г.), млн руб. в том числе: – за счет увеличения располагаемой мощности – за счет увеличения КПД 0,5 % во 2-й год проекта (с коэффициентами 1,09; 1,085)	24,4 23,5 0,9 28,9	24,4 23,5 0,9 28,9
2	Дополнительная выручка от реализации металлолома, после разборки гидроагрегата (2-й год проекта), млн руб.	6,0	6,0
3	Экономия эксплуатационных затрат в год (0,363 + 0,102 + 0,545 + 3,4), млн руб.	4,4	4,4
4	Простой срок окупаемости проекта, лет	8,1	8,1
5	Чистый дисконтированный доход (NPV), млн руб.	199,6	43,3
6	Внутренняя норма доходности (IRR), %	16,6	16,6

M. A. Kruchinin

FORMATION AND REALIZATION OF INNOVATION POLICY OF THE ENTERPRISE POWER ENGINEERING

The fundamental and applied problems connected with formation and realization of steady innovative policy are considered. Thus the choice of the innovation efficiency estimation and successful realization of innovation development of the enterprises of power engineering are defined according to specific goals and problems of innovation policy.

Keywords: innovation policy, estimation criteria, power consumption, target parameter.

УДК 336.71

С. С. Янкин

СФЕРА БАНКОВСКИХ УСЛУГ НА СЕЛЕ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ

Исследованы возможности совершенствования менеджмента в сфере банковских услуг для аграрного сектора экономики. Предлагается рассматривать комплекс потребностей у субъектов хозяйствования на селе для формирования пакета банковских продуктов; структурировать банковские услуги через функции коммерческой деятельности, что позволит достичь значимого синергетического эффекта в развитии инфраструктуры для производства и реализации продуктов питания.

Ключевые слова: управление, банковские услуги населению, национальные продукты питания.

Наблюдающийся в настоящее время рост внимания ученых и практиков к сфере банковских услуг обусловлен усилением ее значения в общественной жизни и экономике. Данное исследование посвящено уточнению теоретических и методологических основ для нового направления – «коммерциологии банковских услуг» – с целью совершенствования управления сферой банковских услуг на селе.

До настоящего времени ключевые понятия, использующиеся в «коммерциологии услуг», не однозначны, поэтому прежде всего нами решается задача по уточнению понятия «услуга». Разработкам концептуальных основ управления и экономики сферы услуг посвящены работы таких известных российских ученых-экономистов, как А. У. Альбеков, Б. А. Аникин, В. Р. Атонян, Г. Л. Багиев, А. Г. Белоусов, В. В. Борисова, А. М. Гаджинский, Е. А. Голиков, М. П. Гордон, В. В. Дыбская, М. Е. Залманова, А. В. Зарьянов, К. В. Инютина, С. Б. Карнаухов, Д. Д. Костоглодов, Л. Б. Миротин, О. А. Новиков, Д. Т. Новиков, Ю. М. Неруш, А. В. Парфенов, Б. К. Плоткин, О. Д. Проценко, В. М. Пурлик, А. Н. Родников, Л. Ю. Русалева, А. И. Семененко, В. И. Сергеев, А. А. Смехов, Л. А. Сосунова, В. Н. Стаханов, В. И. Степанов, Н. П. Строгов, С. А. Уваров, Р. В. Шеховцов, В. В. Щербаков и др.

Предварительный анализ определений понятия «услуга», сформулированных признанными западными и отечественными специалистами в области экономики, включая официальную трактовку термина межгосударственным стандартом ГОСТ 30335-95/ГОСТ Р50646-94 «Услуги населению. Термины и определения», позволил выделить основные параметры определения (см. таблицу).

Анализ частоты использования выделенных параметров позволяет нам обобщить полученные данные и сделать ряд выводов:

1. Часто услуга рассматривается как процесс, определенного рода деятельность, что связано с характером потребления услуг – они потребляются в процессе их оказания.

2. На втором месте по частоте упоминания находятся специфические характеристики услуги, но их перечень не постоянен (исключая характеристики «нематериальность» и «несохраняемость»).

3. Цель услуги – удовлетворение потребности, а итог ее оказания – результат, не имеющий материального проявления, связанный с изменением состояния клиента или принадлежащей ему собственности (товара).

4. Объектами воздействия услуг являются человек, общество в целом, активы. Описание объектов, оказывающих услуги, и сфер применения услуг наиболее противоречиво, поскольку одни авторы настаивают, что услуги оказываются только в «непроизводственной сфере», другие – что «в различных отраслях общественного хозяйства, в том числе в материальном производстве», но при этом «не овеществляются в предметно осязаемом, обособленном продукте труда».

Проведенный анализ позволил внести некоторые уточнения в существующее определение понятия «услуга».

Услуга – это процесс воздействия живого или овеществленного труда на человека, его имущество или окружающие его условия, оказанный на платной или безвозмездной основе, имеющий целью удовлетворить потребности отдельных членов общества, определенных групп людей или общества в целом, результатом чего становится изменение состояния объекта воздействия.

Далее нами рассматривается и уточняется понятие банковских услуг в рамках нового научного направления – «коммерциологии». Бесспорно, понятийный аппарат является определяющим для установления элементов и форм функционирования сферы банковских услуг. Для успешного управления данной сферой на селе, прогнозирования, планирования и финансирования, необходима научно-обоснованная классификация банковских услуг. Только комплекс-

Анализ определения услуги и частоты использования его основных параметров

Параметры	Частота упоминаний параметра, %
Цель оказания услуги	24
Субъекты, оказывающие услуги	28
Объекты воздействия услуг	30
Результат оказания услуги	32
Специфические характеристики услуги, отличающие ее от материально овеществленного товара	45
Процесс оказания услуги, деятельность	65

ный подход к развитию данной сферы позволяет рассчитывать на получение синергетического эффекта.

Банковские услуги в научных трудах часто называют банковскими финансовыми продуктами, а с точки зрения коммерции они представляют собой товар, при этом ассортиментом будет являться банковская продуктовая линейка. Перед тем как осуществлять активные операции по предоставлению услуги, например, услуги пользования денежными средствами до конкретного срока под проценты, банк должен обеспечить свою деятельность и провести соответствующие пассивные операции, привлечь на время необходимые по количеству и срокам денежные средства, т. е. через цепочку функций коммерческой деятельности предоставить свой товар, конкретный банковский продукт, конкретному потребителю.

Для совершенствования управления сферой банковских услуг предлагаем рассматривать процесс формирования в банке продуктовой линейки через цепочку функций коммерческой деятельности. В результате обеспечивается структурирование и свод всех функций банка.

Классификацию банковских услуг необходимо сопоставить с типами клиентов, поскольку банк – рыночный институт. Одна и та же услуга, ориентированная на разных клиентов, как правило, характеризуется различными регламентами, тарифами, документами. Реестр услуг является конечным звеном систематизации ценовых, качественных и количественных параметров услуг с учетом как функций коммерческой деятельности банка, так и с учетом типов клиентов.

Существуют маркетинговый и технологический подходы к делению банковских услуг по категориям клиентов: в первом случае деление происходит согласно потребностям клиентов, во втором – согласно технологической близости разных услуг в продуктовой линейке непосредственно к клиентам. Например, предлагаемые услуги для личных подсобных хозяйств (ЛПХ) отличаются от тех, которые предлагают для сельскохозяйственных потребительских кооперативов (СПоК).

Понятие «банковские услуги на селе» нами предлагается рассматривать с учетом следующих уточнений:

– банковские услуги на селе учитывают завершенный технологический цикл, природно-климатический и почвенный потенциал у субъектов хозяйствования, удовлетворяют целый комплекс потребностей на селе;

– банковские услуги на селе тесно связаны с направлениями государственного регулирования экономики;

– основой совершенствования управления сферой банковских услуг на селе помимо коммерческой составляющей определен социальный аспект.

По первому уточнению понятия «банковские услуги на селе» в методологии исследования вопросов совершенствования управления сферой таких услуг нами рассмотрена модель банковской продуктовой линейки для субъектов хозяйствования на селе (ЛПХ, СПоК), которым необходимы кредитные ресурсы для выполнения инновационных проектов по региону в целом. Под этим понимается, что для выполнения этих проектов требуется объем ресурсов I для банковского проектного финансирования. Однако ЛПХ различны по возможностям успешной реализации этих проектов. Далее математически покажем зависимость между ожидаемой доходностью банков при различных процентных ставках и рисках реализации одного класса проектов.

Пусть j-е малое предприятие в АПК – СПоК, $j \in J$ характеризуется вероятностью q_j успешной реализации проекта (закупка и ввод мини-убойного цеха с холодильной камерой и т. п.) с ожидаемым доходом, равным G. В противном случае с вероятностью, равной $(1 - q_j)$ отдача от проекта будет низкой (быть может, нулевой), одинаковой для всех малых сельскохозяйственных предприятий, и принимается равной G. Зависимость между доходностью и рисками можно записать в следующем виде:

$$q_J G_j + (1 - q_j)G = G \text{ для всех } j \in J, \qquad (1)$$

где G – средний ожидаемый доход от реализации проектов по СПоК $j \in J$.

Обозначим через $f(q_j)$ плотность распределения q_j на множестве J. Положим, что собственные финансовые возможности СПоК оцениваются одной и той же величиной K. Тогда потребности в банковских услугах для реализации проектов у всех СПоК региона составят $I - K = F$.

Вопросы совершенствования прогнозирования и мониторинга сферы банковских услуг на селе и оценка рисков банков представляют собой ключевую задачу для развития инновационно ориентированного малого предпринимательства на селе. Хорошо, если потенциальными потребителями сельскохозяйственной продукции (услуг) или заказчиками являются крупные фирмы: они могут выступать и непосредственно в роли инвесторов (ассоциированных членов создаваемых потребительских кооперативов) или, при отсутствии у них свободных средств, в роли гарантов для банков, кредитующих малые предприятия АПК по процентной ставке r. В условиях же взаимных неплатежей даже у крупных фирм при их заинтересованности в реализации инновационных проектов существует дефицит свободных финансовых ресурсов, поэтому лишь банки могут кредитовать малые предприятия под определенные гарантии государства.

При предоставлении кредита в размере F при задолженности $F(1+r)$ должно выполняться соотношение

$$G_j \geq (1 + r)F > G \text{ для всех } j \in J. \qquad (2)$$

В случае отсутствия гарантий риски кредитования заметно возрастают, и тогда появляются элементы дискриминации по отношению к высокорисковым инновационным проектам, к СПоК, ЛПХ. Допустим, что обе стороны – сельскохозяйственные потребительские кооперативы, ЛПХ и банки нейтральны по риску. Ожидаемый для инвесторов и банков возврат средств от реализации проектов, связанных с созданием базы всей технологической цепочки по выращиванию и доведению мясной продукции до потребителя $M(w_j)$ составит

$$M(w_j) = q_j[G_j - (1 + r)F], \qquad (3)$$

ожидаемые от СПоК, ЛПХ платежи банку составят

$$M(w_j) = (1 + r)F - \int q_j f(q_j)dq_j + G\int (1 - q_j)f(q_j)dq_j, \qquad (4)$$

где q – граничный уровень для вероятности, с которой заемщики обращаются в банки.

Если преобразуем (3) с учетом (4), получим

$$M(w_j) = q_j G_j - q_j(1 + r)F = G - \\ - (1 - q_j)G - q_j(1 + v)F = G - G - q_j[(1 + r)F - G].$$

При постоянных G_i и G_j, $M(w_j)$ является монотонно убывающей функцией от вероятности q_j.

Таким образом, (4) согласуется с известным положением, что за высокорисковые проекты инвесторы (СПоК) готовы платить больше, чтобы осуществить нужные заимствования. Заметим, что если g – уровень гарантированной доходности по приоритетному национальному проекту «Развитие АПК» в пределах ставки рефинансирования, значит, отдача от реализации проектов при создании и расширении деятельности потребительских кооперативов на селе должна удовлетворять условию

$$M(_{Wj}) \geq (1 + g)K, \quad (5)$$

где K – совокупный капитал, включая паевые взносы, бюджетные субсидии, залоговые вложения крупных фирм – ассоциированных членов и самих членов сельскохозяйственных потребительских кооперативов (СПоК).

Когда в соотношении (5) достигается равенство, безразлично, какую форму вложений средств выбрать инвесторам $dq/dr < 0$, с ростом банковской процентной ставки вероятность успешной реализации для инновационных проектов снижается. Первое условие допустимости по инновационным проектам на селе состоит в том, чтобы их доходность была не ниже, чем возврат вложенных инвестиций по ставке g, т. е. справедливы соотношения:

$$q_jG_j + (1 - q_i)G2 \geq (1 + g), V_j J. \quad (6)$$

Условие финансирования проектов коммерческими банками и паевыми средствами самого кооператива состоит в том, чтобы выполнялись соотношения

$$q_j[G_j - (1 + r)F] \geq (1 + g)K, V_j \in J, \quad (7)$$

т. е. чтобы ожидаемая доходность проектов (после оплаты кредитной задолженности) была не ниже, чем стоимость собственных средств по той же ставке g. В случае, если в правой части неравенства (7) вместо g рассмотреть ставку кредитования v, тогда доходность проекта для СПоК будет не ниже, чем рыночная стоимость собственных и привлеченных средств. Учитывая, что $I = K + F$, следует

$$q_j (1 + v) F + (1 - q_j)G - (1 + g)F = 0. \quad (8)$$

Выражение (8) равно нулю, что свидетельствует о низкой доходности проектного финансирования субъектов хозяйствования на селе. Такие банковские услуги по приоритетному национальному проекту «Развитие АПК» не могут дать эффекта без государственной поддержки.

По второму уточнению понятия «банковские услуги на селе» решается задача сохранения равновесия между городом и селом, означающая компенсацию потерь от несовершенства рынка, рост общего благосостояния населения. Банк может взять на себя роль координирующего и направляющего центра на селе. Целью создания такого центра является удовлетворение потребностей в банковских услугах личных подсобных хозяйств, объединенных в разные организации на данной территории, размещение территориальных заказов в организациях – продуцентах таких услуг (например, в кредитных кооперативах).

Координирующий центр может выполнять следующие функции:

– мониторинг потребностей в финансово-кредитном сопровождении услуг для выполнения всего цикла сельскохозяйственных работ;

– исследование потребителей банковских услуг, состояния спроса и тенденций его изменения;

– выработка различных стратегических факторов, влияющих на развитие села, и рекомендаций для продуцентов банковских услуг.

Совершенствование управления сферой банковских услуг возможно при условии обмена информацией, четкого распределения ответственности в решении задачи предоставления значимых услуг между их продуцентами и органами государственной и муниципальной власти.

Если говорить о роли банковской деятельности в аграрном секторе экономики, то на данный момент государством ей отводится основная роль в развитии и становлении экономики аграрных районов. При этом развитие самой банковской сферы в сельских районах, по данным Ассоциации банков России, находится на стадии зарождения и становления, а в некоторых регионах вообще отсутствуют банковские структуры.

На сегодня количество банков, доступных сельским жителям, не превышает двух, обычно ими являются Сбербанк России и ОАО «Россельхозбанк». В Красноярском крае, например, работает около 30 дополнительных офиса Россельхозбанка, в каждом крупном муниципальном образовании имеется дополнительный офис Восточносибирского Сберегательного банка. Но в целом, около 47 % муниципальных образований не имеют прямого доступа к банковским услугам.

По третьему уточнению понятия «банковские услуги на селе» в управлении данной сферой услуг предлагается использовать смешанный механизм, предполагающий сочетание рыночного механизма и институционального механизма (учет социальных аспектов), использование субсидий, бюджетных кредитов, партнерства, предоставления гарантированного набора банковских услуг, снижающего их цену на селе на уровне государства и муниципалитета.

В методических подходах к определению эффективности предоставления банковских услуг на селе нами выделены два подхода.

Согласно первому подходу, оцениваются результаты развития социальных и экономических эффектов у субъектов хозяйствования на селе на основе проведения социологических и экономических исследований с мониторингом следующих показателей:

– степени удовлетворенности потребителя банковской услугой;

– доступности банковской услуги;

– имеющихся недостатков банковской услуги;

– наличия неудовлетворенных потребностей и др.:

$$Э = \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot A_i, \quad (9)$$

где Э – комплексный показатель оценки потребителем экономической эффективности предоставления банковских услуг на селе; K_i – значение i-го показателя; A_i – коэффициент весомости i-го показателя; n – количество показателей.

Согласно второму подходу, оцениваются затраты у продуцентов в сфере банковских услуг на селе, так как в условиях использования государственных субсидий по разным направлениям в виде помощи на селе проблема экономической эффективности трансформируется в задачу достижения прогнозного результата с минимальными затратами у банков, оказывающих услуги.

Проблемы банковского обслуживания на селе имеют острое значение для всей экономики государства. Мы предлагаем использование коммерческого подхода, который опирается на принципы функционирования социальной и рыночной экономики. Важно отметить, что рассмотренные понятия, подходы и механизм совершенствования управления в сфере банковских услуг на селе с успехом можно применять на практике, тем самым воплощая принципы социальной экономики. Таким образом, мы сможем решать основную задачу процесса совершенствования банковских услуг на селе – достичь взаимовыгодных отношений кредитных организаций с другими субъектами села. Только в этом случае будет достигнут синергетический эффект, чего пытаются достичь на государственном уровне в рамках национального проекта «Развитие АПК».

Библиографический список

1. Деньги, кредит, банки: учеб. для вузов / ред. Г. Н. Белоглазова ; С-Петерб. гос. ун-т экономики и финансов. М. : Юрайт, 2006. 620 с.

2. Бернштам, Е. С. Региональные и межрегиональные аспекты структурной и инвестиционной политики / Е. С. Бернштам, А. Н. Лузанов // Регион: экономика и социология. 2002. № 3. С. 121–132.

3. Горяченко, В. И. Принципы построения организационной структуры управления Сибирским федеральным округом: опыт экспертного оценивания / В. И. Горяченко, Е. Б. Кибалов // Регион: экономика и социология. Новосибирск, 2001. № 4. С. 100–120.

4. Янкина, И. А. Исследование сопряженного влияния денежно-кредитной и банковской политик на экономику региона (на примере Красноярского края) / И. А. Янкина, Е. В. Покидышева // Финансы и кредит. 2007. № 40 (280). С. 37–45.

S. S. Jankin

SPHERE OF BANK SERVICES IN VILLAGE: MANAGEMENT IMPROVING

The ways to improve bank services management in agrarian sector are considered. It is offered to consider a complex of requirements of managing subjects in village for formation package a bank products package; to structure bank services through functions of commercial activity that let reach significant synergetic effect in the infrastructure development for manufacture and realization of the foodstuff.

Keywords: management, bank services on village, national foodstuff.

УДК 338.224.2:339.976.2

А. В. Григорьев, Р. В. Беллер

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОЧИСТОГО КРЕМНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Обоснована необходимость развития кремниевой промышленности в РФ. Рассмотрены основные предприятия, действующие в отрасли, и предполагаемые к реализации проекты, систематизированы особенности внутреннего рынка. Произведена оценка перспективности каждого из существующих проектов кремниевой отрасли в РФ, отмечены сильные и слабые стороны, выделены наиболее перспективные. Определены возможные сценарии развития кремниевой промышленности в РФ в условиях развития мирового рынка.

Ключевые слова: кремниевые проекты, стратегия развития, кремниевая отрасль в РФ, стратегия развития, сценарии развития кремниевой отрасли в РФ.

Ни для кого не секрет, что собственное производство высокочистого кремния является основой существования и развития отечественной микроэлектроники, оптики, а также альтернативной энергетики – солнечной. Стимулирование данных сфер в течение долгого времени определяется в качестве приоритетных задач развития российской экономики. Причина очевидна – развитие микроэлектроники есть залог стратегической независимости страны как в экономическом, так и в политическом контексте. Развитие солнечной энергетики и энергосистем на базе фотоэлектрических преобразователей является логичным продолжением стратегического позиционирования России как поставщика энергоносителей, что в свою очередь также обеспечивает стране вполне определенную экономическую и политическую позицию.

Однако для первого и для второго необходимо качественное отечественное сырье. В противном случае зависимость микроэлектроники и энергетики от внешних поставок ставит под вопрос стратегическую целесообразность развития всей отрасли в принципе, так как изменение мировой экономической конъюнктуры может угрожать существованию российских предприятий последующих переделов или значительно снизить экономическую эффективность их деятельности.

Полные кремниевые цепочки, включающие в себя следующие технологические переделы: кварцит–металлургический кремний (силаны)–поликристаллический кремний–монокристаллический кремний–кремниевые пластины–(микросхемы)/ФЭП, в настоящий момент построены всего в трех странах: США, Японии, Германии. Самым критичным переделом является производство поликристаллического кремния.

В СССР имелась полная технологическая цепочка по производству кремния. Производством силанов из технического (металлургического) кремния занимался Запорожский титано-магниевый комбинат (ЗТМК). Основными производителями поликристаллического кремния были Запорожский титано-магниевый комбинат (ЗТМК) и Подольский химико-металлургический завод (ПХМЗ). Суммарная доля превышала 65 % от всего производства по стране и, по разным оценкам, составляла 2…6 % от мирового производства. Монокристаллический кремний в качестве сырья для полупроводниковой промышленности производился также Подольским химико-металлургическим заводом (ПХМЗ) и «Красцветметом» (Красноярск). Производство кремниевых пластин не было сконцентрировано в одном месте, однако основные поставщики производителей микросхем располагались в научных центрах страны (Москве, Зеленограде, Новосибирске), академгородках, расположенных рядом с ведущими научными учреждениями страны, например ОАО «Ангстрем» (Зеленоград), ФГУП «Новосибирский завод полупроводниковых приборов».

После распада СССР ситуация изменилась. В России осталось производство поли- и монокристаллического кремния (ОАО «ПХМЗ», ОАО «Красцвемет»), пластин кремния (ОАО «ЭЛМА», завод «Аналог» в Ставрополе), микросхем и дискретных приборов (ОАО «Ангстрем», ОКБ «Микрон», АО «Электротехника», АО «Электровыпрямитель»).

Необходимо было наладить поставки сырья для производства поликристаллического кремния. Россия могла бы в то время покупать силаны в Запорожье, но к 1993 г. этот комбинат резко поднял цены, из-за чего сам испытал настолько серьезные трудности со сбытом, что был вынужден остановить производство. ЗТМК был единственным поставщиком моносилана и тетрахлорсилана, являющихся исходным сырьем для получения поликристаллического кремния на постсоветском пространстве. Таким образом, производитель поликремния – ПХМЗ – был поставлен в сложные условия и был вынужден фактически заморозить производство материала – объем производства упал до 20…25 % от номинала. В 2002 г. производство поликристаллического кремния было полностью остановлено [1], оборудование демонтировано, а свободные мощности использованы для производства монокристаллического кремния по толлинговой схеме с возвратом материала в Германию.

С другой стороны, резкое падение в странах СНГ производства изделий микроэлектроники (в первую очередь интегральных схем для ЭВМ) повлекло за собой обвальное сокращение заказов для производителей кремниевых пластин, и в свою очередь, монокристаллического кремния. Часть предприятий продолжала работать, ориентируясь на сокращающийся оборонный заказ, однако и эти производители столкнулись к 1995 г. с кризисом неплатежей.

В настоящий момент на рынке кремния продолжают стабильно работать следующие предприятия:

– ОАО «ПХМЗ» – производство монокристаллического кремния на условиях толлинга, объем производства – 20…25 т ежемесячно;

– ОАО «Красцветмет» – производство монокристаллического кремния на условиях толлинга, объем производства – 2,5 т ежемесячно;

– ФГУП «ГХК» – производство монокристаллического кремния из собственных запасов поликристаллического кремния и на условиях толлинга. Ежемесячный объем производства не превышает соответствующего показателя ОАО «Красцветмет»;

ЗАО «АМЕКС» – производство монокристаллического кремния на условиях толлинга, объем производства – 3…3,5 т ежемесячно.

Более 90 % всего выпускаемого в РФ монокристаллического кремния является продукцией солнечного качества и предназначено для отправки в ЕС, Японию и Китай в виде пластин, реже слитков. На территории РФ находится множество небольших производств, располагающих необходимыми мощностями по резке слитков монокристаллического кремния на пластины (Зеленоград, Рязань, Владивосток, Хабаровск и др.).

По состоянию на 2006 г. основными потребителями электронного кремния являлись ОАО «ЭЛМА», ОАО «Ангстрем», ФГУП «Новосибирский завод полупроводниковых приборов», ОАО «Воронежский завод полупроводниковых приборов», ЗАО «АМЕКС», ОКБ «Микрон».

Следует отметить, что после остановки в 2002 г. цеха по производству поликристаллического кремния ОАО «ПХМЗ» в РФ не осталось ни одного производителя поликристаллического кремния или сырья для его производства.

Начиная с 2004 г. в связи со стремительным изменением ситуации на рынке высокочистого кремния – колоссальным спросом на поликристаллический кремний солнечного качества, ростом потребления электронного кремния – многие компании во всем мире проявляют интерес к данной отрасли и ведут работы по организации производства данной продукции. В РФ над созданием производства на уровне тех или иных переделов в настоящее время работают несколько компаний: группа компаний «НИТОЛ», группа компаний «Ренова», ОАО «ПХМЗ», ФГУП «ГХК», «Балтийская кремниевая долина» (проект «Центральноевропейский кремний»).

Рассмотрим подробнее, в каком режиме перечисленные компании ведут работы и каковы их перспективы.

1. Группа компаний «НИТОЛ». В рамках разработанной специалистами холдинга программы Nitol Solar пред-

полагается организовать вертикально интегрированную структуру на основе входящего в холдинг УсольеХимпрома. На первом этапе организовано производство трихлорсилана полупроводникового качества, в дальнейшем планируется поэтапный пуск производства поликристаллического кремния на полную проектную мощность. Сначала предполагается производить до 1 500 т в год, затем расширить производство до 2 000 т в год с возможностью последующего увеличения до 5 000 т в год [1]. Решение об организации производства монокристаллического кремния в слитках и пластинах, предназначенных для ФЭП и микросхем, в настоящее время не обнародовано и, по мнению экспертов, будет напрямую зависеть от складывающейся рыночной конъюнктуры.

2. Группа компаний «Ренова» (дивизион «Ренова Оргсинтез»). В рамках модернизации ОАО «Химпром» в Новочебоксарске также планируется организация производства трихлорсилана полупроводникового качества, в настоящий момент решение об организации производства поликристаллического кремния не принято. Данный проект не является приоритетным в рамках функционирования холдинга. Готовность проекта гораздо ниже, чем у группы «НИТОЛ».

Следует отметить, что оба холдинга развивают производство на мощностях компаний химической промышленности, специализировавшихся в советские времена на производстве предметов бытовой химии, лакокрасочных покрытий и т. д. Основными преимуществами данного подхода является использование накопленного на предприятиях опыта по работе с производством химических соединений и реагентов. Кроме того, представляется возможным использование действующей инфраструктуры и кадрового потенциала предприятий. Появление данных компаний на относительно новом для них рынке связано в первую очередь с исключительной рыночной конъюнктурой, непродолжительностью предполагаемого срока окупаемости проектов, а также астрономическими нормами прибыли. Следует учитывать, однако, что высокий уровень спроса на продукцию кремниевой отрасли может в ближайшие 5…7 лет стабилизироваться за счет роста динамично увеличивающегося предложения ведущих производителей и вновь создаваемых по всему миру заводов. В таких условиях предприятие частного акционерного капитала, успешно функционирующее в рамках работы холдинга, может быть реализовано тем компаниям, для которых данный бизнес является ключевым. Вполне естественный рыночный процесс может вновь поставить под угрозу наличие в РФ собственных мощностей по производству стратегически важной продукции.

Возможность слияний и поглощений особенно актуальна для инвестиционной группы «Ренова», специализирующейся на прямых и портфельных инвестициях в различных отраслях промышленности, для которой данный бизнес является непрофильным. В отличие от «Реновы», группа «НИТОЛ» изначально специализировалась на химической промышленности и одним из первых активов был завод «Химпром», расположенный в городе Усолье-Сибирское Иркутской области. Однако вероятность глобализации в связи с масштабами данного бизнеса высока для обоих предприятий, не связанных государственным участием или государственным заказом.

3. ОАО «ПХМЗ» (программа «Подольский кремний»). В условиях острого дефицита высокочистого кремния всех технологических переделов в 2006 г. руководство компании было вынуждено принять решение о возобновлении производства поликристаллического кремния (реализация проекта запланирована к 2010 г.) для собственных нужд [2].

Основной причиной послужило сокращение поставок давальческого сырья. Кроме того, начиная с 2003 г. руководство ОАО «ПХМЗ» неоднократно объявляло о своих планах организовать производство ФЭП. Таким образом, ОАО «ПХМЗ», учитывая опыт работы с высокочистым кремнием, вероятнее всего является наиболее перспективным и сравнительно просто реализуемым проектом в РФ на сегодняшний день. Главной особенностью проекта ОАО «ПХМЗ» является потребление поликристаллического кремния собственным производством монокристаллического кремния и ориентация на экспорт продукции последующих технологических переделов.

Для проекта характерна сравнительная простота реализации, связанная в первую очередь с тем, что производство не создается с нуля, а восстанавливается, технология известна, персонал удалось сохранить. Для данного предполагаемого производства принципиально новым переделом является организации резки кремниевых пластин и возможная сборка ФЭП. Немаловажным условием является предполагаемое участие в данном проекте правительства Москвы, которое в настоящий момент выражается, правда, только в декларативных заявлениях о перспективности направления и призыве инвесторов обратиться к предприятию.

Особенностью данной компании также является частный характер капитала, не исключающий смену собственника и переход успешно функционирующей компании под руководство одного из ведущих мировых продуцентов, а также планируемое полное потребление всей производимой продукции (поликристаллического кремния) в рамках собственного производства для выполнения долгосрочных контрактов по поставке монокристаллического кремния солнечного качества в страны ЕС. Собственное потребление продукции низших переделов является признаком сбалансированной производственной программы предприятия, однако на практике означает отсутствие возможности для маневра в рамках стратегических целей РФ – нет возможности развивать отечественное полупроводниковое производство, собственное производство ФЭП.

4. «Балтийская кремниевая долина» (программа «Центральноевропейский кремний»). Предполагает альтернативную технологию, не имеющую аналогов в мире. Авторами данного проекта являются нобелевский лауреат, академик Российской академии наук А. М. Прохоров и кандидат технических наук Г. Н. Петров.

Предполагаемые источники финансирования проекта – средства частных и государственных иностранных компаний (страны ЕС, Оман). Предлагаемая технология не имеет к настоящему моменту опыта промышленного применения, сам проект представляется высокорискованным. Суть его состоит в том, что в городе Сосновый Бор (Ленинградская

область) на базе АЭС будет производиться нейтронное легирование кремния в канальном ядерном реакторе.

Так как нейтроны являются «побочным продуктом» реакции и электроэнергия производится непосредственно на месте, предполагаемая себестоимость кремния будет низкой, а чистота конечного продукта составит 99,999 999 9 %, что превышает все существующие требования к электронному кремнию. Еще одно преимущество: в Северо-Западном регионе расположено много исследовательских центров со специалистами международного уровня, однако справедливости ради следует отметить, что специализированных отраслевых центров в регионе нет.

Отсутствие обнародованного экспертного мнения ФГУП «Гиредмет» о перспективности использования предложенной технологии, научной обоснованности и возможности практического применения, а также потребность в значительных стартовых инвестициях не позволяет авторам проекта рассчитывать на значительную поддержку со стороны государства. Кроме того, развитие производства в рамках инвестиционного проекта с участием западных инвесторов снижает стратегическую ценность данного предприятия непосредственно для РФ.

5. ФГУП «ГХК». Разработанная в рамках конверсии производств Министерства среднего машиностроения программа, получившая впоследствии название «Кремний России», предполагает организацию крупнейшего на постсоветском пространстве завода по производству поликристаллического кремния. Поэтапный план ввода в эксплуатацию мощностей завода предполагает прямую и обратную вертикальную интеграцию, то есть производство сырья для поликремния, а также наращивание мощностей по производству монокристаллического кремния в слитках и пластинах.

Стратегическим преимуществом проекта является государственная поддержка и финансирование данной программы, что с одной стороны обеспечивает определенный запас инвестиционной прочности, а с другой – позволяет значительно снизить политические риски. Основными предпосылками развития проекта являются относительная близость сырья (прежде всего, высококачественных кварцитов, которые уже разведаны, оконтурены), наличие относительно дешевой электроэнергии Красноярской ГЭС и готовая инфраструктура на площадке базового предприятия. Кроме того, высокотехнологичное основное производство предприятия определило наличие высококвалифицированных кадров, способных с минимальной переподготовкой освоить новое производство.

Основными преимуществами государственного участия в проекте является:

– гарантированное обеспечение полупроводниковой отрасли страны необходимым сырьем;

– обеспечение отечественных производителей ФЭП необходимым сырьем (по мере развития солнечной энергетики в РФ);

– в случае изменения экономической конъюнктуры возможность обеспечения завода государственными заказами путем искусственного стимулирования развития отечественного производства солнечной энергии;

– государственная собственность как гарантия сохранения актива в руках отечественных инвесторов (в данном случае государства) и последующего выполнения заводом государственных заказов.

По результатам предварительной оценки сравним существующие в РФ кремниевые проекты, находящиеся в центре внимания и периодически обсуждаемые в прессе (см. таблицу).

Сравнительный анализ российских кремниевых проектов

Критерий	Группа «Ренова» (1)	Группа «НИТОЛ» (2)	ОАО «ПХМЗ» (3)	«Балтийская кремниевая долина» (4)	ФГУП «ГХК» (5)
Наличие действующего товарного производства	±	+	+	–	+
Наличие государственной поддержки	–	–	±	–	+
Готовность к пуску основных мощностей	–	–	±	–	±
Удовлетворение государственных интересов	±	±	±	±	+
Наличие опыта работы в отрасли	–	–	+	–	±
Интеграция производственных процессов	–	±	+	–	±
Устойчивость к резким изменениям рыночных условий	–	–	–	–	±

Очевидно, что по результатам анализа наиболее привлекательными должны быть признаны проекты 3 и 5, как наиболее подготовленные к реализации, опробованные, обеспеченные финансированием и государственной поддержкой. Следует отметить, что ОАО «ПХМЗ» строит свою стратегию обратной вертикальной интеграции до уровня производства поликристаллического кремния. Данная стратегическая позиция обусловлена в первую очередь близостью основных производственных мощностей к столице РФ, а также отсутствием достаточного финансирования и опыта производства силанов. С одной стороны, это позволяет ОАО «ПХМЗ» существенно снизить потребность в инвестициях, с другой – создает потенциальную угрозу оказаться во власти поставщиков («Ренова», «НИТОЛ»).

Реализация данной угрозы может существенно снизить положительный экономический эффект от организации дополнительного передела (производства поликремния). По мере последовательного пуска производства поликристаллического кремния на полную мощность, группой «НИТОЛ» возможно сокращение поставок необходимого сырья в адрес ОАО «ПХМЗ» по причине приоритетного обеспечения собственных производственных мощностей, а также как эффективный способ конкурентной борьбы. При условии одновременной прямой интеграции группы «Ренова» и организации компанией собственного производства поликристаллического кремния либо поглощения данного актива иностранным продуцентом поликристаллического кремния, проект «Подольский кремний» может полностью лишиться ресурсной базы и оказаться в ситуации, аналогичной той, в которой завод оказался в 90-е годы с ЗТМК. В качестве наиболее вероятного варианта развития событий можно предположить работу в будущем на давальческом сырье, предоставляемом поставщиками с последующим возвратом большей части продукции. Такой подход позволит сохранить производство поликристаллического кремния и частично загрузить собственные мощности по производству монокристаллического кремния, однако, скорее всего, это не гарантирует высоких доходов, характерных для отрасли в настоящее время.

В отличие от ОАО «ПХМЗ», ФГУП «ГХК» предполагает в будущем организацию производства силанов из технического кремния, что необходимо для производства поликристаллического кремния. На практике это означает, что в будущем предприятие сможет ослабить власть поставщиков, повысить эффективность деятельности, свободно реализовывать свою продукцию потребителям.

Можно сделать вывод, что наиболее привлекательным, подготовленным, устойчивым к влиянию внешней среды и обеспеченным ресурсами и поддержкой государства является проект «Кремний России», реализуемый на площадке ФГУП «ГХК» в городе Железногорске Красноярского края. Обладая всеми преимуществами законченной вертикально интегрированной структуры, данный проект располагает запасом прочности и может быть обеспечен государственными заказами.

Следует отметить, что в настоящий момент государственный заказ и потребность в высокочистом кремнии для микроэлектроники в РФ оценивается в размере не более 100 т в год (оптимистичный прогноз), величина внутреннего спроса на солнечные батареи значительно ниже. Таким образом, развитие кремниевой отрасли в РФ может осуществляться по альтернативным сценариям.

1. Ориентация производства большей части продукции на экспорт с одновременным удовлетворением собственных нужд по мере необходимости. Внутреннего рынка, несмотря на стратегическую важность государственного заказа, при средней производительности каждого из заводов 1 200 т в год, практически не существует. Спрос на высокочистый кремний солнечного качества в мире по разным оценкам достигает величины 50 000 т в год (в 2007 г.) при общем объеме производства солнечного кремния 25 000–30 000 т в год [3]. Исходя из фактических данных можно утверждать, что на рынке, очевидно, присутствует дефицит предложения. В таких условиях многие ведущие мировые производители высокочистого кремния заявили о планируемом росте производства, однако несмотря на это, в случае пуска российских заводов в ближайшем будущем гарантированные рынки сбыта для их продукции будут обеспечены. Тем не менее, учитывая будущие перспективы жесткой конкуренции на внешнем рынке, следует быть готовым к снижению спроса в связи со снижением роста потребления электронного и солнечного кремния и одновременным резким ростом предложения. Учитывая суммарные производственные мощности (около 4 500 т) и фактическое отсутствие внутреннего рынка, в случае изменения рыночной ситуации и удовлетворения общего спроса крупнейшими компаниями, российская кремниевая промышленность может испытать серьезные трудности со сбытом продукции, перепроизводство и последующее сворачивание мощностей. Роль государства в этом случае будет заключаться либо в поддержке неэффективных производств посредством субсидирования, увеличения объемов государственного заказа, либо в устранении последствий краха – участии в повышении квалификации работников, их трудоустройстве и т. д.

2. Развитие отечественных программ поддержки солнечной энергетики, экспорт продукции последних технологических переделов – ФЭП, микросхем. Данный вариант развития событий предполагает глубокую прямую интеграцию создаваемых производств, а также стимулирование отечественной солнечной энергетики. Отсутствие необходимого опыта производства интегральных микросхем на данном этапе не позволяет российским предприятиям включиться в конкурентную борьбу с ведущими мировыми производителями, однако высокий спрос на готовые ФЭП, в принципе, дает возможность закрепиться на мировом рынке производителям солнечных элементов при условии удовлетворения их продукции качественным показателям. Будущий рост предложения является существенной угрозой и в данном сценарии, однако емкий внутренний рынок солнечных систем, созданный благодаря государственным программам поддержки солнечной энергетики, позволит сохранить наиболее эффективные и стратегически важные производства.

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на существенное превышение величины предложения величиной спроса на высокочистый кремний в мире,

создаваемые и существующие российские производители в настоящий момент стоят перед выбором возможных альтернатив развития. Выбор предприятий и актуализация одного из двух существующих вариантов во многом зависят от позиции государства по отношению к солнечной энергетике и микроэлектронике. Учитывая стратегическую заинтересованность власти в развитии наукоемких производств, следует предполагать, что предпочтительным вариантом развития событий является активное культивирование солнечной энергетики в РФ, а также стимулирование отечественных производителей микроэлектроники, а значит, рост потребления интегральных микросхем отечественного производства. Дефицит отечественного спроса на данную продукцию на первом этапе развития программ будет компенсирован высоким спросом на внешнем рынке с последующей постепенной ориентацией на внутренний спрос и обеспечение отечественных программ.

В данном контексте в качестве приоритетных можно выделить проекты «Кремний России» и «Подольский кремний», реализуемые с участием государства и при его поддержке. Оба проекта могут выступать в качестве базиса для национальных программ, выступая в роли надежных поставщиков продукции, кроме того, в будущем возможна кооперация предприятий в рамках выполнения обязательств по данным программам и минимизирования власти поставщиков. Для остальных проектов возможным вариантом также является участие в национальных программах, однако для них данная возможность является альтернативой в случае изменения ситуации на мировом рынке. Возможная смена собственника, снижение объемов производства или переориентирование данных производств на выпуск другой продукции, при условии существования двух предприятий, выполняющих государственный заказ и участвующих в национальных программах, не несет в данной ситуации никакой стратегической угрозы.

Библиографический список

1. Пархоменко, Ю. Н. Российскому кремнию – быть / Ю. Н. Пархоменко // Электроника: наука, технология, бизнес. 2006. № 8. С. 11–17.

2. On its way // Photon International. 2007. № 7. P. 30.

3. Наумов, А. В. Еще раз о развитии солнечной энергетики и рынке кремниевого сырья в 2007–2010 гг. / А. В. Наумов // Изв. вузов. Материалы электрон. техники, 2007. № 1. С. 15–20.

A. V. Grigorjev, R. V. Beller

PROSPECTIVE TRENDS OF RUSSIAN SILICON INDUSTRY

The necessity to develop silicon industry in the Russian Federation is well found. The features oft of the silicon industry in the Russian Federation development are examined and systematized: the main enterprises working in this field and the projects supposed to be implemented, the home market features. Each project existed in the RF silicon industry is estimated with the relation to the future trends, weak and strong aspects are released, much promising and viable projects are determined. Possible ways to develop silicon industry in the Russian Federation are indicated.

Keywords: silicon projects, strategies of development, silicon industry in the Russian Federation, ways to develop silicon industry in the Russian Federation.

УДК 338.24

А. С. Данилова

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

Рассматривается актуальная в данное время проблема оценки эффективности ресурсного потенциала, которая бы позволила определить способность торговых предприятий малого бизнеса к эффективному функционированию и развитию. Предлагается новый метод оценки эффективного использования ресурсного потенциала, учитывающий специфику торговых предприятий малого бизнеса.

Ключевые слова: ресурсный потенциал, эффективность использования, обобщающий показатель, методы.

Малое предприятие представляет собой наиболее распространенный элемент рыночной структуры, обладающий гибкой и динамичной формой предпринимательской деятельности. Оно быстро реагирует на изменение спроса, при необходимости перестраивает номенклатуру и ассортимент продукции и наиболее восприимчиво к техническим новинкам, обеспечивает эффективность и быструю окупаемость вложенных средств.

На 1 января 2008 г. число малых предприятий в Красноярском крае составило 15 879, по сравнению с 2007 г. увеличившись на 52 % (в 2007 г. – 10 466), из них занимались оптовой и розничной торговлей в 2007 г. – 4 607

(44 %), а в 2008 г. – 7 737 (48,7 %). Оборот торговых предприятий малого бизнеса в январе–июне 2008 г. составил 68 933,1 млн руб., это равно 71,9 % от общего оборота малых предприятий, а в 2007 г. – 70,7 % [1]

Одной из главных задач торговых предприятий малого бизнеса является учет ресурсов. Особую значимость этот вопрос приобретает в связи с ограниченностью самих ресурсов, что подтверждается необходимостью постоянного поиска путей их интенсивного использования [2; 3].

Учет внутренних возможностей и положения в рыночной среде позволяет своевременно избавиться от излишних ресурсов, если уровень их использования снижается, сохранять и растить те необходимые ресурсы, которые востребованы рынком. В этих целях целесообразно в системе оценочных показателей эффективности ресурсов использовать экономическую категорию, через которую можно учитывать величину накопленных ресурсов, степень использования возможностей и величину созданного общественного продукта. Такой оценочной категорией может служить «ресурсный потенциал» [4].

Ресурсный потенциал торгового предприятия малого бизнеса (РПТП МБ) – совокупность взаимосвязанных элементов движущих сил торгового предприятия малого бизнеса, используемых в торгово-закупочном процессе и направленных на удовлетворение потребностей предприятия, персонала и населения.

Структуру ресурсного потенциала торгового предприятия малого бизнеса составляют следующие элементы, которые в связи со спецификой данных предприятий ограничены:

1) финансово-имущественный потенциал, показывающий соотношение собственного, привлеченного, заемного капитала, возможности привлечения дополнительных финансовых ресурсов, наличие высоколиквидных активов; совокупность средств предприятия, находящихся под контролем организации;

2) кадровый потенциал, характеризующий численный и профессионально-квалификационный состав работников, их интеллектуальный уровень и способность к обучению и развитию, возможности для обучения и повышения квалификации персонала;

3) информационно-маркетинговый потенциал, отображающий объем информации о внутренней и внешней среде предприятия и возможности его увеличения; какую продукцию реализует предприятие, каков сегодня спрос на нее и каковы перспективы, уровень маркетинговых исследований – потенциал продаваемых изделий, а также перспективы развития потребностей;

4) организационно-предпринимательский потенциал, объединяющий способность к предпринимательству, понимаемому как умение эффективно соединять все ресурсы предприятия, управленцев (менеджеров) всех уровней и направлений деятельности внутреннего и внешнего характера. Эффективность организации зависит от ее структуры, коммуникаций, адаптивности, организационной культуры, динамики управленческих процессов, механизма принятия и реализации решений и др.

Далее представим возможный метод оценки эффективности ресурсного потенциала торгового предприятия малого бизнеса.

Повышение эффективности использования ресурсного потенциала является важнейшей составной частью устойчивого развития торговых предприятий малого бизнеса, так как позволяет определить возможность предприятия к эффективному функционированию и развитию.

По мнению автора, оценку эффективности использования ресурсного потенциала торговых предприятий малого бизнеса целесообразно проводить на основе универсального подхода, т. е. одним обобщающим показателем, позволяющим объективно сравнивать торговые предприятия между собой.

Исходя из учетно-методических и организационных особенностей торговых предприятий малого бизнеса, нами предложена следующая классификация показателей, которые показывают эффективность использования отдельных составляющих структурных элементов РПТП МБ: доходов; расходов; социально-экономической эффективности (см. таблицу).

Выделение данных групп показателей оценки эффективности использования РПТП МБ связана со спецификой торговых предприятий, интересам к ним со стороны государства и общества.

Данная таблица содержит возможные показатели, которые могут быть применены для оценки эффективности использования РПТП МБ в зависимости от группы и (или) элемента ресурсного потенциала.

Однако данные показатели не позволяют оценить эффективность использования РПТП МБ в целом. В этой связи возникает необходимость альтернативного подхода к оценке эффективности ресурсного потенциала торгового предприятия.

Предложенный метод предлагает рассматривать динамику эффективности использования ресурсного потенциала через совокупность четырех индикаторов, характеризующих эффективность использования потенциала торгового предприятия (см. рисунок).

Данная методика состоит из четырех этапов: экспертного, аналитического, интегрального, факторного.

В основу экспертного этапа положен метод экспертных оценок, в частности, метод ранговой корреляции. Отказ от использования статистических методов решения указанной задачи был обусловлен развитием системы и, как следствие, нестабильностью статистической системной составляющей. Оценка «весомости» производилась отдельно для каждого показателя элемента РПТП МБ.

Под экспертными оценками понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выработки рациональных решений [5].

Экспертные методы применяют сейчас в ситуациях, когда выбор, обоснование и оценка последствий решений не могут быть выполнены на основе точных расчетов. Такие ситуации нередко возникают при разработке современных проблем управления общественным производством и особенно при прогнозировании и долгосрочном планировании. В последние годы экспертные оценки находят широкое применение в социально-политическом и научно-техническом прогнозировании, в планировании народного хозяйства, отраслей, объедине-

ний, в разработке крупных научно-технических, экономических и социальных программ, в решении отдельных проблем управления [5].

В ходе развития общественного производства возрастает не только сложность управления, но и требования к качеству принимаемых решений. Для того чтобы повысить обоснованность решений и учесть многочисленные показатели, отражающие эффективность использования РПТП МБ, необходим разносторонний анализ, основанный как на расчетах, так и на аргументированных суждениях руководителей и специалистов, знакомых с состоянием дел и перспективами развития в различных областях практической деятельности. Применение экспертных методов обеспечивает активное и целенаправленное участие специалистов на всех этапах принятия решений, что позволяет существенно повысить качество и эффективность последних.

Метод ранговой корреляции используется для исследования связей между признаками (показателями), не имеющими количественного измерения. Мерой признака здесь выступает его относительная интенсивность по сравнению с интенсивностью другого признака. Количественной характеристикой интенсивности признака служит номер данного признака, который называется рангом, а сам процесс расположения признаков наблюдения по относительной степени интенсивности – ранжированием.

Ранги не являются количественными категориями, так как характеризуют лишь упорядоченность в соответствии со степенью выраженности интенсивности признака, но не величину этой степени. Метод ранговой корреляции позволяет расположить объекты исследования в порядке возрастания (или убывания) какого-либо присущего им свойства.

Получение и обработка экспертных оценок методом ранговой корреляции включает в себя следующие этапы:

1) создание экспертной комиссии: рабочей и экспертной группы;

Показатели оценки эффективности использования РПТП МБ

Группа показателей	Характеристика группы показателей	Показатели, характеризующие группу
Показатели оценки доходов торгового предприятия	Являются одними из важнейших показателей развития предприятия. Анализировать данные показатели очень удобно, так как основными формами бухгалтерской отчетности, обязательными к представлению, являются форма № 1 «Бухгалтерский баланс» и форма № 2 «Отчет о прибылях и убытках» [6].	Чистая прибыль Коэффициент рентабельности активов Коэффициент рентабельности продаж Прибыль от продажи товаров Коэффициент рентабельности основных средств Чрезвычайная прибыль Валовой доход Операционная прибыль Валовая прибыль Показатель эффективности финансовой деятельности Показатель эффективности трудовой деятельности Коэффициент рентабельности себестоимости продаж
Показатели оценки расходов торгового предприятия		Коэффициент затратности продаж Коэффициент штрафных санкций Коэффициент потерь (доходов) по дебиторской (кредиторской) задолженности Уровень издержек обращения Коэффициент эффективности капитальных вложений Коэффициент эффективности текущих расходов Рентабельность текущих издержек Расходы на рекламу Коэффициент эффективности текущих расходов Рентабельность текущих издержек
Показатели оценки социально-экономической эффективности предприятия	Предприятие, функционирующее в сфере товарного обращения, является сложной социально-экономической системой, поскольку характеризуется неоднородностью, разнохарактерностью составных элементов и связей, структурным разнообразием [7]. Поэтому показатели социально-экономической эффективности не должны остаться без внимания, а должны быть учтены, так как отражают связь торгового предприятия малого бизнеса с внешней средой и, в частности, с обществом	Показатель продолжительности обслуживания Процент скидок Номенклатура продукции Емкость сегментов Коэффициент ритмичности и сезонности Качество продукции Срочность обслуживания

2) сбор мнений специалистов путем анкетного опроса;

3) составление сводной матрицы рангов на основе данных анкетного опроса;

4) анализ существенности, значимости исследуемых показателей, объектов;

5) подготовка рабочей группой решения по исследуемой задаче.

На аналитическом этапе для каждого элемента РПТП МБ выбираем один основной показатель по каждой группе показателей: доходов, расходов, социально-экономической эффективности.

На интегральном этапе находим интегральный показатель динамики эффективности использования элемента РПТП МБ по каждой группе показателей. Он представляет собой соотношение показателей элементов РПТП МБ за отчетный и базисный период:

$$I_K = \frac{P_1}{P_0},$$

где I_K – интегральный показатель динамики эффективности использования элемента РПТП МБ; P_1 – показатель отчетного периода; P_0 – показатель базисного периода.

Затем определяем интегральный показатель динамики эффективности использования РПТП МБ по каждой группе показателей:

$$I' = \sqrt[4]{I_{\text{ФИП}} \cdot I_{\text{КП}} \cdot I_{\text{ИМП}} \cdot I_{\text{ОПП}}},$$

$$I'' = \sqrt[4]{I_{\text{ФИП}} \cdot I_{\text{КП}} \cdot I_{\text{ИМП}} \cdot I_{\text{ОПП}}},$$

$$I''' = \sqrt[4]{I_{\text{ФИП}} \cdot I_{\text{КП}} \cdot I_{\text{ИМП}} \cdot I_{\text{ОПП}}},$$

где I' – интегральный показатель оценки доходности РПТП МБ; I'' – интегральный показатель оценки расходности РПТП МБ; I''' – интегральный показатель оценки социально-экономической эффективности РПТП МБ.

Наконец, находим обобщающий интегральный показатель динамики эффективности использования РПТП МБ:

$$I_{\text{общ}} = \sqrt[3]{I' \cdot I'' \cdot I'''}.$$

Значение данного интегрального показателя, равное единице, свидетельствует о том, что в торговой организации не произошло изменений. Значение показателя выше единицы свидетельствует о более эффективном использовании ресурсного потенциала и наоборот.

На факторном этапе производится определение влияния фактора неопределенности на эффективность использования РПТП МБ.

Предлагаемый метод позволит оценить эффективность использования РПТП МБ как с количественной точки зрения, так и качественной.

Таким образом, предложенная автором методика оценки эффективности использования ресурсного потенциала торгового предприятия малого бизнеса, которая основана на применении одного универсального показателя (обобщающего интегрального показателя динамики эффективности использования РПТП МБ), позволяет объективно сравнивать между собой предприятия и их хозяйственную деятельность и является, на наш взгляд, универсальной. При этом метод прост в использовании и аккумулирует несколько сторон деятельности предприятия.

Библиографический список

1. Малые предприятия [Электронный ресурс] // Террит. орган Федер. службы гос. статистики по Краснояр. краю. Электрон. дан. Сор. 2006. Режим доступа: www.statis.krs.ru. Загл. с экрана.

2. Ковалев, А. Н. Ресурсный потенциал торговой организации и эффективность его использования : дис. ... канд. экон. наук / А. Н. Ковалев. М., 2003.

3. Окорокова, Л. Г. Методология и принципы эффективного использования и формирования ресурсного потенциала промышленных предприятий : дис. ... д-ра экон. наук / Л. Г. Окорокова. М., 2003.

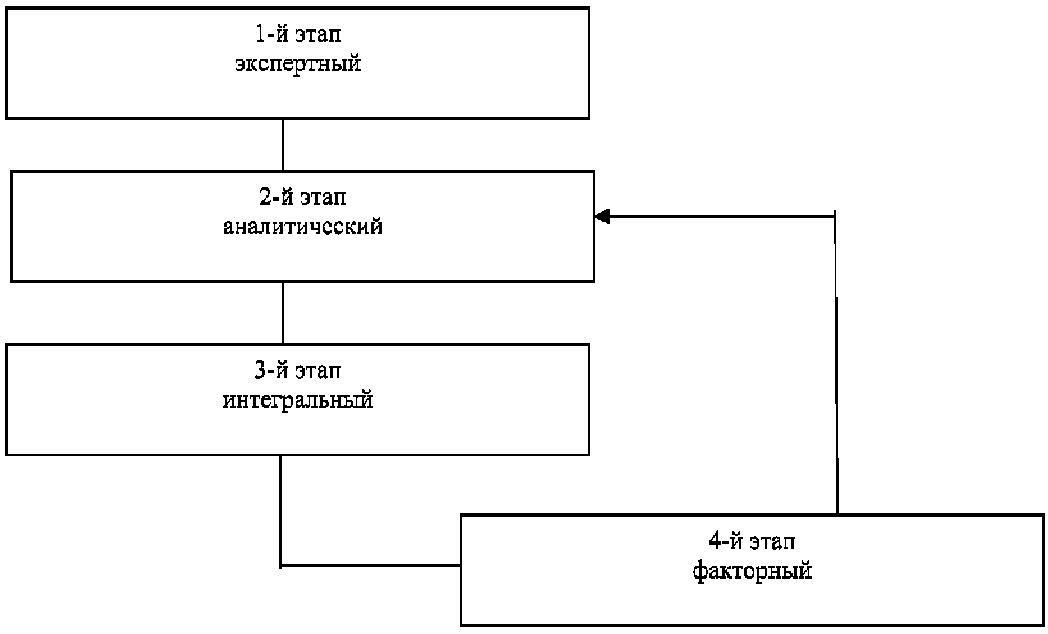


Схема оценки эффективности использования РПТП МБ

4. Ускова, С. И. Экономический потенциал предприятия как основа предпринимательской деятельности / С. И. Ускова // Экономика и эффективность организации производства : сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2006. С. 139–147.

5. Характеристики методов экспертных оценок [Электронный ресурс] // Сдаю экзамен по менеджменту орг. Электрон. дан. Сор. 2006. Режим доступа: http://examen.od.ua/upravlen/page116.html. Загл. с экрана.

6. Все о малом предпринимательстве. Регистрация. Учет. Налоги : полное практ. руководство / под ред. А. В. Касьянова. М. : ГроссМедиа, 2006. 544 с.

7. Ерохина, Л. И. Экономика предприятия (в сфере товарного обращения) : учебник / Л. И. Ерохина, Е. В. Башмачникова, Т. И. Марченко. М. : КноРус, 2007. 304 с.

A. S. Danilova

ESTIMATION OF THE RESOURCE POTENTIAL EFFICIENCY USAGE OF A SMALL-SCALE BUSINESS TRADE ENTERPRISE

A new method of the resource potential efficiency estimation which would allow to define the small-scale business trade enterprises possibility to effective functioning and development is offered. The method takes into account specificity of the small-scale business trade enterprises.

Keywords: resource potential, efficiency usage, general index, methods.

УДК 656.073

Ю. А. Хегай

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ЛОГИСТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассматриваются основные задачи логистического менеджмента при управлении грузовыми автомобильными перевозками с применением информационных технологий. Приводится сравнение существующих спутниковых навигационных систем.

Ключевые слова: информационные технологии, управление, автоперевозки, транспорт, спутник, навигация.

Для управления потоковыми процессами одним из основных источников повышения эффективности принимаемых решений, производительности и конкурентоспособности производителей товаров и услуг являются информационные технологии (ИТ). Логистические ИТ определяются как совокупность внедряемых в системы организационного управления принципиально новых средств и методов обработки данных, представляющих собой целостные технологические системы и обеспечивающих целенаправленное создание, передачу, хранение и отображение информационного продукта с наименьшими затратами и в соответствии с закономерностями той социальной среды, где развиваются новые информационные технологии.

Различают следующие виды базовых ИТ: микроэлектронные компоненты; техническое обеспечение; программное обеспечение; телекоммуникации.

Сложность, большая размерность и наличие огромного количества документов, используемых при управлении материальными потоками в логистической системе (ЛС), вызвали появление за рубежом концепции «Electronic Data Interchange» – EDI («электронного обмена данными»). В наиболее общей трактовке EDI представляет собой компьютерный информационный обмен между пользователями с применением стандартного формата данных и обслуживающий современные телекоммуникационные технологии. Применение EDI существенно упростило процедуры управления заказами в зарубежных фирмах. Использование EDI улучшает достоверность, своевременность и качество логистической информации.

Применительно к автомобильному транспорту России основные задачи логистического менеджмента при управлении грузовыми автомобильными перевозками с использованием информационных технологий следующие:

– информационно-компьютерная поддержка процесса автоперевозок;

– внедрение единых информационных технологий обработки транспортной и логистической документации на основе стандарта UN/EDIFACT;

– создание, обновление и ведение баз данных и справочников;

– разработка, обновление и ведение электронной базы данных «Правовое обеспечение автотранспортных перевозок»;

– информационно-компьютерная поддержка финансовых расчетов;

– прием и оформление заказов на техническое обслуживание, ремонт, эвакуацию через систему автосервиса.

Большинство из перечисленных комплексных задач логистических ИТ в перевозочном процессе давно и успешно решены за рубежом. Наибольшее распространение из них получили различные системы слежения, связи и диспетчеризации транспорта на базе спутниковых систем навигации и связи. Некоторые из этих систем начали распространяться в нашей стране. Привязка транспортных средств к местности осуществляется через американскую систему GPS. Имеется также отечественная система ГЛОНАСС и в перспективе ведется проект внедрения европейской системы «Галилео». Специально для российских автоперевозчиков разработана и успешно эксплуатируется спутниковая система связи и контроля за движением транспортных средств «Евтелтракс».

Перспективным направлением развития логистических ИТ (в частности, при транспортировке грузов) является использование глобальной некоммерческой сети Интернет. Преимуществами использования сети Интернет в данной системе являются низкая стартовая стоимость, простота эксплуатации, открытость для синхронизации перевозок всеми видами транспорта, что особенно актуально для интер- и мультимодальных перевозок, возможность выхода на международный рынок для заключения сделок. Открытость системы обеспечивает клиентам большие возможности не только для заключения сделок, но и для рекламы своей деятельности.

Анализ существующих систем сбора, обработки, хранения и передачи информации показал, что решение комплекса задач логистического менеджмента в условиях глобализации экономики невозможно без применения глобальных навигационных систем.

Глобальная спутниковая навигационная система GPS (Global Positioning System), прежде известная как система Navstar (Navigaion system with time and ranging – Навигационная система определения времени и дальности) – это система, позволяющая в любое время суток и при любой погоде определить с точностью до нескольких метров местоположение объекта в любой точке мира, т. е. определить его широту, долготу и высоту над уровнем моря, а также направление и скорость его движения. Кроме того, с помощью системы GPS можно определить текущее время с точностью до одной наносекунды (0,000 000 001 с).

GPS-система представляет собой группировку спутников, постоянно излучающих информацию. Бортовое оборудование комплектуется GPS-приемником, посредством которого и решается задача привязки к местности и единому времени. С 1 января 2007 г. Министерство обороны России сняло все ограничения по точности разрешения координат.

Разработка системы была начата в 70-х гг. по заказу Министерства обороны США и основным ее назначением была высокоточная навигация военных объектов, однако с 1983 г. система стала открытой для использования и в гражданских целях. С 1991 г. были сняты ограничения на продажу GPS-оборудования в страны бывшего СССР. В середине 90-х гг. система была полностью развернута. Затраты на ее реализацию превысили 15 млрд долларов США.

Основными элементами навигационной системы GPS являются 24 искусственных спутника земли, которые находятся на 6 различных круговых орбитах, расположенных под углом 60° друг к другу. Период обращения одного спутника – 12 часов. Вес каждого спутника около 800 кг, размер более 5 м (включая солнечные батареи).

На борту каждого спутника установлены высокостабильные атомные часы, вычислительное кодирующее устройство и передатчик мощностью около 50 Вт, который непрерывно изучает радиосигналы, содержащие специальную информацию. Контроль за функционированием спутников осуществляется несколькими наземными станциями слежения, которые расположены в разных точках земли и объединены в единую сеть.

Конечными элементами системы являются GPS-приемники, способные принимать сигналы от спутников и по принятой информации вычислять свое местоположение и текущее время.

Как было отмечено выше, до 2000 г. для гражданских пользователей был введен так называемый «ограниченный доступ», т. е. Министерством обороны США в сигналы спутников GPS специально вводилась погрешность, позволяющая определить местоположение объектов с точностью ±100 м, хотя принципиально точность GPS-системы может достигать нескольких сантиметров! Отключение с 1 мая 2000 г. режима «ограничение доступа», а также тот факт, что весь сервис для пользователей системы GPS предоставляется бесплатно, позволило значительно расширить сферу применения GPS в гражданских навигационных системах.

Можно отметить, что параллельно с системой Navstar, Российской военно-космической промышленностью было начато создание альтернативной спутниковой системы навигации ГЛОНАСС. Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос-1413) состоялся 12 октября 1982 г. 24 сентября 1993 г. распоряжением Президента Российской Федерации система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию.

Основные принципы государственной политики в отношении системы ГЛОНАСС заключаются в следующем:

– ГЛОНАСС относится к критически важной государственной инфраструктуре, обеспечивающей национальную безопасность и экономическое развитие страны;

– ГЛОНАСС является системой двойного назначения;

– гражданские сигналы ГЛОНАСС предоставляются на безвозмездной основе;

– доступ к документации по структуре гражданских сигналов ГЛОНАСС для разработчиков навигационных приемников и систем на их основе является открытым;

– осуществляется разработка и производство комбинированной аппаратуры ГЛОНАСС/GPS;

– обеспечивается совместимость и взаимодополняемость ГЛОНАСС и GPS (ГЛОНАСС и будущей «Галилео»);

– осуществляется содействие развитию массового рынка навигационных услуг;

– российские государственные потребители, использующие навигацию, обязательно оснащаются приемниками ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

Развитию спутниковых систем посвящена Федеральная программа «Глобальная навигационная система», программы диспетчеризации муниципального и служебного транспорта во многих областных центрах России, а также Постановление Правительства Российской Феде-

рации № 365 от 9 июня 2005 г. «Об оснащении космических, транспортных средств, а также средств, предназначенных для выполнения геодезических и кадастровых работ, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS». Согласно постановлению, такая аппаратура должна устанавливаться с 1 января 2006 г. на вводимые в эксплуатацию автомобильные транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, а также специальных и опасных грузов.

Основными целями программы «Глобальная навигационная система» являются дальнейшее развитие и эффективное использование системы в интересах социально-экономического развития страны и сохранение Россией лидирующих позиций в области спутниковой навигации.

Основными задачами программы являются:

– развитие и поддержка системы ГЛОНАСС;

– создание функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем;

– комплексирование радиотехнических систем дальней навигации с системой ГЛОНАСС;

– обеспечение выполнения международных обязательств и соглашений Российской Федерации в области спутниковой навигации, развитие международного сотрудничества в области спутниковой навигации;

– развитие технологий координатно-временного и навигационного обеспечения Российской Федерации.

Развитие и поддержание системы ГЛОНАСС содержит список следующих подзадач:

– поддержание орбитальной группировки системы ГЛОНАСС на уровне, обеспечивающем ее применение в государственном и глобальном масштабах;

– создание космических аппаратов нового поколения;

– создание новых средств наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС;

– модернизация средств государственного эталона времени и частоты;

– модернизация средств определения параметров вращения Земли;

– создание системы геодезического обеспечения территории Российской Федерации с использованием системы ГЛОНАСС.

Программа «Глобальная навигационная система» включает 5 подпрограмм.

1. Обеспечение функционирования, развития и применения системы ГЛОНАСС. Результатом является развертывание орбитальной группировки из 18 КА в 2007 г. и 24 КА в 2009 г. с характеристиками, сопоставимыми с GPS.

2. Разработка, подготовка производства, изготовление навигационного оборудования для гражданских потребителей. Должно быть разработано более 30 образцов бортовых модулей и образцов навигационной аппаратуры для гражданских потребителей.

3. Внедрение и использование спутниковых навигационных систем в интересах транспорта. Должны быть созданы и внедрены системы для управления транспортом, из которых на авиацию приходится 140 систем (700 воздушных судов), на Морфлот – 50 систем (5 500 судов), на автотранспорт – 160 систем (24 000 транспортных средств).

4. Развитие геодезической системы РФ. Результатом является создание геодезической основы, соответствующей мировому уровню, и открытых цифровых навигационных карт для различных пользователей.

5. Разработка навигационной аппаратуры для специальных потребителей. Должно быть разработано более 30 образцов навигационной специальной аппаратуры.

Инициатором привязки автомобильных перевозок к системе ГЛОНАСС/GPS выступает саморегулируемая ассоциация автомобильных перевозчиков (СААП). Использование спутниковой привязки и мобильной связи как перевозчиками, так и оперативными службами позволит значительно повысить безопасность и эффективность перевозок. Руководство транспортного предприятия, ГИБДД, МЧС и другие службы смогут в режиме реального времени получать информацию о ДТП, террористическом акте, угоне или взломе транспортного средства.

Система спутникового мониторинга позволяет экстренно передавать информацию с транспортного средства нажатием так называемой «тревожной кнопки» – при возникновении нештатной ситуации. Представитель транспортной компании в этом случае может дистанционно управлять ситуацией, в частности, отключить подачу топлива или заблокировать двери машины.

С помощью спутниковой системы мониторинга можно также контролировать груз, установив на фургон электронные пломбы, которые подадут сигнал при взломе.

Если система работает в режиме «черного ящика», информация о состоянии транспортного средства накапливается в ходе выполнения рейса. Система в режиме «черного ящика» позволяет понять, что происходило с транспортным средством непосредственно перед аварией или другим ЧП. Это значительно облегчит расследование происшествия.

Система спутникового мониторинга позволяет также оптимизировать расходы транспортной компании, поскольку за водителем осуществляется круглосуточный надзор и он не имеет возможности совершать «левые» рейсы. Также есть возможность контролировать режим труда и отдыха водителя, соблюдение скоростного режима.

Применение системы спутниковой навигации позволяет повысить логистическую составляющую перевозок. Система мониторинга и навигации может автоматически прокладывать маршрут, составлять расписание развоза товара с терминалов, следить за его выполнением и работать с электронными экспедиторами.

Одной из важнейших проблем, стоящих перед автомобильным транспортом, является проблема обеспечения безопасности дорожного движения, которая превращается в самостоятельное направление государственной политики. Такая серьезная постановка проблемы требует и ответственного подхода к ее решению. Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 100 утверждена Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения», нацеленная на снижение количества лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях, а также на уменьшение экономического ущерба от ДТП.

Другой, не менее важной проблемой автомобильной отрасли является необходимость повышения эффективности работы автомобильного транспорта.

Разработкой, внедрением и поддержкой систем мониторинга в России занимается целый ряд компаний, предлагающих решения, различающиеся по своим тех-

ническим и функциональным характеристикам, типам используемого оборудования, стоимости. Это такие компании как ЗАО «СТиМ», Европойнт, Транснавигация, Бизнес-навигатор, Т-Хелпер и др.

Несмотря на различия, все используемые системы построены на сходных принципах и оснащают автотранспортные средства приемниками GPS.

Система мониторинга и управления транспортом предназначена для повышения прибыльности транспортных компаний за счёт эффективного решения задач контроля и управления транспортом, а также обеспечения безопасности работы на основе использования современного оборудования и технологий связи, радионавигации и вычислительной техники.

Такие системы являются решением для мониторинга местоположения и состояния транспортных средств и иных контролируемых объектов в нужный момент времени в любой точке земного шара.

Система состоит из абонентских терминалов, специального сервера и оборудования рабочего места диспетчера.

На транспорт устанавливается абонентский навигационно-связной терминал, представляющий собой довольно компактный «ящичек», который можно разместить в любом удобном для перевозчика месте. Этот терминал автоматически определяет местоположение транспортного средства, скорость, направление движения и состояние подключенных датчиков. Абонентский терминал в автоматическом режиме или по запросу пользователя передаёт собранную им информацию по беспроводным каналам связи на сервер, где информация обрабатывается и распределяется.

На рабочем месте диспетчера информация попадает в базу данных, выводится на карты и в информационные таблицы. Вся информация хранится в течение неограниченного времени, позволяя составлять отчёты, вести статистику, а также анализировать работу транспорта.

Рабочее место диспетчера оборудуется компьютером, GSM-модемом и доступом в Интернет. На компьютер устанавливается специальное программное обеспечение с набором электронных векторных карт. Карты подбираются в соответствии с маршрутами движения.

Для любого предприятия транспорт является своеобразной «чёрной дырой», в которой практически невозможно проконтролировать все расходы водителя на ГСМ, а также осуществлять контроль за движением транспорта. Получаемые диспетчером данные позволяют предприятию чётко контролировать перемещение своего транспорта по маршруту, а кроме того, и такие показатели, как количество бензина в бензобаке и даже скорость движения транспорта. Предприятия, использующие систему мониторинга и управления транспортом, уже через 2…3 недели могут ощутить все выгоды от её применения, так как транспортные расходы значительно сократятся.

Структурная схема функционирования системы контроля подвижных объектов следующая.

Основными составляющими данной системы являются:

– бортовое оборудование, устанавливаемое на транспортном средстве;

– спутниковая система позиционирования;

– системы связи (спутниковая, сотовая, УКВ-радиосвязь);

– диспетчерский центр;

– клиенты, являющиеся потребителями услуг мониторинга.

С помощью бортового оборудования, установленного на мобильном объекте, данные о местонахождении и состоянии транспортного средства (ТС) передаются по каналам связи в диспетчерский центр. В диспетчерском центре полученная информация привязывается к электронной карте местности, производится накопление и обработка информации, проводится анализ текущей ситуации и, в случае необходимости, оповещение соответствующих структур и ведомств для принятия управленческих решений и оказания помощи. Заинтересованные организации, руководители АТП могут постоянно получать информацию диспетчерского центра о подконтрольных ТС, используя глобальную сеть Интернет.

Описанная структурная схема представляет собой некоторую обобщенную схему. Системы мониторинга могут разделяться на автономные и центры общего доступа. Автономные организовывают на одном или нескольких персональных компьютерах. Принципиальным моментом является то, что доступ извне к базе данных в данном случае не предусмотрен. Доступ организуется только с рабочих мест клиента, подключаемого к компьютеру непосредственно либо через локальную сеть.

Центры общего доступа предоставляют доступ к базе данных извне, например, через сеть Интернет. При этом клиент имеет ограниченный доступ. Доступ предоставляется только к той части информации, которая относится к транспортным средствам клиента. Для разграничения доступа каждому клиенту предоставляется пароль.

Бортовое оборудование может обеспечивать выполнение следующих функций:

– определение вектора скорости и местоположения ТС;

– сбор телеметрической информации о состоянии ТС;

– дистанционное управление исполнительными механизмами, находящимися на ТС;

– осуществление связи с центром для приема и передачи информации;

– осуществление голосовой связи с клиентом и диспетчером центра;

– накопление и хранение собранной информации (функция черного ящика);

– решение логистических задач и задач навигации.

Сбор телеметрической информации о состоянии транспортных средств в настоящее время осуществляется при помощи бортового оборудования, устанавливаемого на ТС. Данная функция осуществляется за счет наличия аналоговых и цифровых входов, через которые могут подключаться датчики открытия дверей, датчик температуры в изотермическом фургоне, датчик скорости, датчик уровня топлива и его расхода, датчик удара и переворота ТС, кнопка тревоги и др. Данная информация записывается в память бортового оборудования и передается в диспетчерский центр с заданной периодичностью.

Дистанционное управление исполнительными механизмами осуществляется бортовым оборудованием, комплектуемым выходами, через которые клиент может подать команду на исполнительные механизмы, находящиеся на ТС. Чаще это используется в охранных системах.

Клиент может включить звуковую сигнализацию, заблокировать подачу топлива, замки дверей и т. п.

Осуществление связи с центром для приема и передачи информации со стороны ТС может осуществляться по различным каналам сотовой или спутниковой связи.

В качестве операторов сотовой связи на отечественном рынке фигурируют компании МТС, «Билайн», «Мегафон». Для передачи информации используются режимы SMS-сообщений, режимы асинхронной и пакетной передачи данных (GPRS), голосовая связь.

Спутниковая связь на отечественном рынке услуг осуществляется в настоящий момент через системы ИНМАРСАТ, «Глобал Стар» и «Евтелтракс».

Вопрос выбора бортового оборудования из соображений применения того или иного типа связи имеет принципиальное значение.

В первую очередь, необходимо понимать, что выбор типа связи определяет зону действия оборудования.

Сотовые системы носят, как правило локальный характер, и связь в режиме онлайн допускается только в зоне действия сети.

Спутниковые системы носят более глобальный характер, но также имеют ограничения на регионы покрытия.

Применение спутникового оборудования может увеличить стоимость бортового комплекта по отношению к комплекту, основанному на сотовой связи, в 2…3 и более раз. Цена трафика в спутниковых системах также может возрастать в 3…10 раз, в зависимости от режимов связи.

В настоящий момент многие решения бортового оборудования включают возможность осуществления голосовой связи. Как ее альтернатива, имеется вариант текстового набора информации с помощью дополнительных устройств ввода-вывода. Данная функция позволяет в ряде случаев удешевить трафик.

Учитывая, что в законодательном плане уже существует правовая основа внедрения электронной подписи, можно предположить, что недалек тот день, когда перевозчики смогут в ходе выполнения рейса обмениваться официальными документами, существенно сокращая время на их оформление.

Аппаратно-программные комплексы позволяют решать следующие задачи:

– контроль автотранспорта в режиме реального времени и определение его местоположения;

– оперативное управление транспортом;

– автоматический контроль условий движения транспортных средств (соблюдения маршрута движения, скоростного режима движения, режима труда и отдыха водителя и т. п.);

– получение информации о состоянии транспортного средства;

– контроль состояния перевозимых грузов;

– выполнение функции «черного ящика»;

– предотвращение угона автомобиля;

– внедрение идентификационной SMART-карты водителя;

– своевременное, в режиме реального времени, оповещение.

Положительный эффект от внедрения системы мониторинга складывается из следующих составляющих.

1. Выигрыш по затратам на ГСМ и амортизацию:

– экономия топлива и ГСМ на 10...30 %;

– экономия моторесурса на 10...20 %;

– контроль времени и установленных мест заправки (АЗС с проверенным качеством топлива);

– контроль скорости передвижения (нарушение скоростного режима влечет за собой повышенный расход топлива, а также преждевременный износ материальной части);

– контроль отклонения от установленного маршрута.

2. Выигрыш по операционным затратам:

– достоверность ведения путевых листов;

– уменьшение холостого пробега;

– оптимизация транспортных потоков на 5...20 % и возможность увеличения объема грузоперевозок без расширения парка автомобилей.

3. Повышение качества административных решений:

– получение достоверных данных обо всех передвижениях и состоянии транспорта;

– планирование и принятие управленческих решений на основе достоверных данных;

– повышение дисциплины водителей и простота оценки работы водителей.

4. Повышение безопасности перевозок грузов и водителя:

– получение информации о точном местоположении автомобиля в любой момент времени;

– получение информации о состоянии автомобиля: открыты или закрыты двери и грузовой отсек; включено или выключено зажигание;

– использование водителем кнопки «Тревога» в любой момент времени;

– немедленное принятие диспетчером мер в случае чрезвычайной ситуации;

– снижение рисков по угону и захвату.

Внедрение систем спутниковой навигации и мониторинга в автотранспортную отрасль позволит сделать ее работу более эффективной и за короткий срок окупить вложенные средства, а также значительно повысить транспортную безопасность отрасли.

Yu. A. Khegay

REALIZATION TASKS OF LOGISTIC MANAGEMENT AT MOTOR-CAR TRANSPORTATION CONTROL USING GLOBAL INFORMATION TECHNOLOGIES

The basic tasks of logistic management at a management freight motor-car transportation control using information technologies are examined. The comparison of the existed satellite navigation systems is brought.

Keywords: computer technologies, control, motor-car transportation, transport, satellite, navigation.

УДК 65.012.123

С. Н. Масаев, М. Г. Доррер

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПАНИЕЙ НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИОННОЙ КОРРЕЛЯЦИИ К ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ

Разработана методика экспресс-аудита структуры и показателей бизнес-процессов компании на основе расчета линейной корреляции между временными рядами затрат.

Ключевые слова: корреляция, адаптометрия, процесс, системный анализ, управление.

Сегодня, в условиях мирового экономического кризиса для бизнеса характерно усиление процессов интеграции, результатом которых является целая серия объединений, слияний и поглощений. Холдинговые компании, как продукт этих процессов, возникают по всему миру, Россия не является исключением. На роль основных двигателей отечественного бизнеса претендуют финансовые группы, которым удалось диверсифицировать сферы деятельности и наладить взаимодействие компаний внутри групп. К настоящему времени этот процесс все еще усиливается: большинство крупных компаний находится в сфере влияния той или иной группы. Однако далеко не завершен другой процесс – выстраивание модели управления компанией внутри холдинга, модели, которая позволила бы считать российские холдинги не просто собранием разнородных активов, а по-настоящему работоспособными экономическими системами [1].

При управлении компаниями холдинга возникают следующие проблемы:

– субъективность и недостаточная точность анализа структуры действующих взаимоотношений с другими компаниями в холдинге;

– неполное соответствие учетной системы компании требованиям оценки числовых параметров модели бизнеса;

– недостаточная связь между учетными системами компании и системами планирования и прогнозирования, затрудняющая и снижающая точность оценки последствий принимаемых управленческих решений;

– недостаточная прозрачность имеющихся систем планирования и прогнозирования бизнеса, снижающая уровень стратегической осознанности принимаемых управленческих решений;

– разновекторность развития компаний в холдинге, наличие не выявленных конфликтующих целей.

Чтобы справиться с проблемами и развивать бизнес, необходимо решить следующие задачи:

– внедрение единой системы управленческого и бухгалтерского учета хозяйственных операций каждой компании холдинга;

– классификация управленческой информации и подготовка ее для анализа;

– внедрение методики экспресс-аудита структуры и показателей бизнес-процессов компании и их управления на основе фактических учетных данных.

Внедрение единой системы управленческого и бухгалтерского учета хозяйственных операций группы компаний холдинга. В каждой компании холдинга необходимо внедрить систему бюджетирования первого поколения. Система бюджетирования первого поколения (далее по тексту СБ1) включает в себя стандартное бюджетирование для планирования производства, бизнес-систем и план-фактного анализа. СБ1 позволяет выполнить различную классификацию данных: по видам деятельности, исполнителям, статьям и подстатьям, выполняемой функции по выполняемому проекту.

Выполняемая функция – наименование работ, выполняемых в текущей или проектной деятельности. Проект – направление хозяйственной деятельности компании, которая отражается в форме 2 «Отчет о прибылях и убытках» в соответствии с логикой проекта. Вид деятельности – характеризует направление расходов или доходов. Инвестиционная деятельность – включает в себя расходы, доходы по приобретению, продаже производственного оборудования, земельных участков. Капитальные вложения – используется для капитализации расходов по выполняемому проекту, это доходы или расходы, которые на данный момент нельзя отразить в форме 2 «Отчет о прибылях и убытках». Финансовая деятельность отражает доходы, расходы, связанные с процентами по кредиту, покупкой, продажей ценных бумаг, акций, паев. При этом производится простой план-фактный анализ – сравнение плановых значений показателей с фактически полученным результатом (табл. 1).

Необходимо понимать, что каждая функция использует определенный ресурс для достижения цели компании. Насколько полно будет проанализирована и описана каждая система, настолько качественно пройдет процесс планирования выполнения проектов в холдинге и процесс достижения цели.

Классификация управленческой информации и подготовка ее для анализа. Структура системы управления компанией складывается из основных систем: управления персоналом, информационных технологий, менеджмента качества, экономических расчетов, управления проектами и т. д. Практически эти системы описаны набором выполняемых функций (см. табл. 1). Определяют эти функции стратегия и цели компании, т. е. с помощью стратегии и целей устанавливается вектор развития компании и системы управления.

С развитием компании меняется и набор функций, состав работ, трудоемкость, стоимость и т. д. На развитие системы управления компанией влияет как операционная деятельность (основная хозяйственная деятельность компании), так и проектная деятельность (выполнение проектов). Функция в системе создается и формируется для выполнения операционной (текущей) деятельности. Любой проект подразумевает дополнительную нагрузку

на данную функцию, и это может привести к ее перегрузке и дополнительному финансированию.

Важным качеством, которым должна быть наделена система управления компанией, является числовая оценка влияния на эти функции для достижения поставленных целей и задач компании.

Обратимся к основам разработанного метода. Проект – это целенаправленная деятельность на достижение уникального результата. Для его реализации необходимо привлечь ресурсы и четко понимать, какие функции будут в нем задействованы, таким образом, анализ сводится к корреляционному анализу функций и силе их взаимодействия.

Каждая функция имеет определенное влияние на работу всей функциональной системы. Отразим взаимные влияния функций при помощи графа R, вершинами которого являются функции системы управления, а рёбра показывают наличие взаимного влияния функций. Для оценки этого влияния выделяем показатель «рейтинг» [2]. Рейтинг функции формируется из суммы корреляций данной функции с остальными и сводится в вектор рейтингов функций G, характеризующий суммарную связность каждой из вершин графа R.

Практическая ценность данного подхода заключается в возможности сокращения затрат на управление компанией путем исключения избыточных функций.

Разработка методики экспресс-аудита структуры и показателей бизнес-процессов организации на основе фактических учетных данных. Для анализа системы управления компанией и ее оценки необходимо определить влияние каждой функции на остальные функции и взаимосвязь компании с внешней средой. Для этого в компании внедрена расширенная система бюджетирования, система бюджетирования второго поколения (далее по тексту СБ2). Такая система позволяет делать статистические расчеты по затратам в разрезе функций каждого подразделения. Данные о доходах и расходах предприятия собраны с 2006 г. по сентябрь 2008 г. включительно. За этот же период была собрана аналитика по показателям рынка, на котором компания осуществляет деятельность [3].

Исходные данные сгруппированы таким образом, что в столбцах представлены показатели затрат по статьям (плановые и фактические), а по строкам – календарные периоды (месяцы). Таким образом, в каждом столбце представлены временные ряды данных по плановым и фактическим затратам.

Методика СБ2 разбивается на шаги:

1-й шаг. Экономическая система (компания) описывается набором функций X. Следует оговориться, что в данном случае термин «функция» употребляется не в математическом смысле (переменная величина, меняющаяся в зависимости от изменения другой величины), а как экономический термин, синонимичный бизнес-процессу – системе последовательных, целенаправленных и регламентированных видов деятельности, в которой входы процесса преобразуются в выходы.

Каждая функция X_i характеризуется значениями затрат, понесённых организацией при выполнении данной функции. Частота измерения этого показателя – один раз в месяц.

Состояние системы на каждый календарный период характеризуется вектором $\bar{X}$ размерности n, где n – количество функций, выделяемых в управляемой системе (в компании). Тогда функционирование предприятия может быть описано временным рядом из n-мерных векторов $\left[\bar{X}_j\right]$, где $j = 1..\ t$, а t – количество временных тактов, за которые произведено измерение состояний системы [4].

2-й шаг. Для оценки взаимного влияния функций системы необходимо произвести расчет линейных корреляционных зависимостей между временными рядами, описывающими каждую из функций X_i.

Рассчитываем корреляцию между всеми функциями.

Среднее значение для каждого параметра: $\bar{x}_i = \dfrac{\sum x_i}{n}$,

а значение линейной корреляции между двумя функциями i и k за период времени в t тактов (месяцев) рассчитывается по формуле

$$r_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{t}(x_{i,j} - \bar{x}_i)\cdot(x_{k,j} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{t}(x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}\cdot\sqrt{\sum_{j=1}^{t}(x_{i,j} - \bar{x}_k)^2}}. \qquad (1)$$

3-й шаг. Совокупность коэффициентов корреляции между всеми возможными парами признаков представим в виде корреляционной матрицы $r(x_i, x_k)$; $i = 1, 2, \ldots, n$;

Таблица 1

Бюджет доходов и расходов

Проект	Вид деятельности	Статья дохода/расхода	Подстатья дохода/расхода	Выполняемая функция	План	Факт
Наименование проекта	Капитальные вложения	Проектирование	Проектирование	Проектирование внешних сетей		
Текущая деятельность	Финансовая	Использование прибыли	Прибыли и убытки прошлых лет	Инвентаризация		
Текущая деятельность	Операционная	Налоги и сборы	Налог на прибыль	Выплата налогов		
Текущая деятельность	Инвестиционная	Поступления и расходы от выбытия ОС	Доходы и расходы, связанные с реализацией ОС	Прочие расходы		
Наименование проекта	Капитальные вложения	Услуги сторонних организаций	Реклама	Реклама и продвижение		
Текущая деятельность	Операционная	Услуги сторонних организаций	Прочие услуги сторонних организаций	Прочие расходы		

$k = 1, 2, \ldots, n$. Матрица (A) симметрична относительно главной диагонали, поскольку $r(x_i, x_k) = r(x_k, x_i)$, а члены матрицы, стоящие на этой диагонали, равны 1, так как $r(x_i, x_i) = 1$:

$$(A) = \begin{pmatrix} 1 & r(x_i x_k) & \cdots & r(x_i x_n) \\ r(x_i x_k) & 1 & \cdots & r(x_i x_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r(x_n x_k) & r(x_n x_k) & \cdots & 1 \end{pmatrix}.$$

4-й шаг. Матрица (A) может содержать положительные и отрицательные значения корреляции. Для исследования выделены только связи с высокими значениями коэффициента корреляции между функциями матрицы (A). Выбираем значения выше 0,999 и ниже –0,999. Для анализа необходимо получить показатели суммарной корреляции для каждой i-й функции G_i.

Выделим $G_i^{\text{сумм_общ}}$ – сумму абсолютных значений коэффициентов корреляции i-й функции с прочими, $G_i^{\text{сумм_отр}}$ – сумму отрицательных значений коэффициентов корреляции и $G_i^{\text{сумм_пол}}$ – сумму положительных значений, $G_i^{\text{разн}}$ – сумму значений коэффициентов корреляции, взятых с учетом знаков.

$$G_i^{\text{сумм_общ}} = \sum_{j=1}^{n} \left| r_{ij} \right| : \left(\left| r_{ij} \right| \geq 0,999 \right), \quad (2)$$

$$G_i^{\text{сумм_пол}} = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} : \left(\left| r_{ij} \right| \geq 0,999 \right) \cap \left(r_{ij} > 0 \right), \quad (3)$$

$$G_i^{\text{сумм_отр}} = \sum_{j=1}^{n} r_{ij} : \left(\left| r_{ij} \right| \geq 0,999 \right) \cap \left(r_{ij} < 0 \right) \quad (4)$$

$$G_i^{\text{разн}} = G_i^{\text{сумм_пол}} + G_i^{\text{сумм_отр}} \quad (5)$$

Все четыре значения G рассчитываются на заданном временном интервале t и, как уже говорилось, характеризуют связность каждой функции в корреляционной матрице (A).

Кроме того, для исследования системы в целом представляют интерес суммарные рейтинги всей системы (соответствующие общей связности корреляционного графа):

$$G^{\text{сист_общ}} = \sum_{i=1}^{n} G_i^{\text{сумм_общ}}, \quad (6)$$

$$G^{\text{сист_пол}} = \sum_{i=1}^{n} G_i^{\text{сумм_пол}}, \quad (7)$$

$$G^{\text{сист_отр}} = \sum_{i=1}^{n} G_i^{\text{сумм_отр}}, \quad (8)$$

$$G^{\text{сист_разн}} = G^{\text{сист_пол}} + G^{\text{сист_отр}}. \quad (9)$$

Рассчитаем для примера рейтинг $G_i^{\text{пол}}$ по функции «Сдача в аренду» (табл. 2).

С учетом ежемесячного шага для анализа получаем 28 матриц (A), каждая размерностью $(n \times n)$, где $n = 411$. Результат расчета рейтингов всех функций по формулам (6, 7, 8 и 9) в этих матрицах для разных временных интервалов t занесем в таблицу (табл. 3). Частные значения рейтинга $G_i^{\text{пол}}$ на t-м временном тракте (корреляционные коэффициенты рассчитываются для $j = t \ldots t + 5$) обозначим как $G_{i,t}^{\text{пол}}$.

Суммарное значение корреляционного рейтинга $\sum_{t=1}^{28} G_{i,t}^{\text{пол}}$ рассчитывается для всех значений корреляционного рейтинга G_i, рассчитанных для одной функции по скользящему окну временных периодов в 6 месяцев (с января по июнь, с февраля по июль и т. д.). При наличии

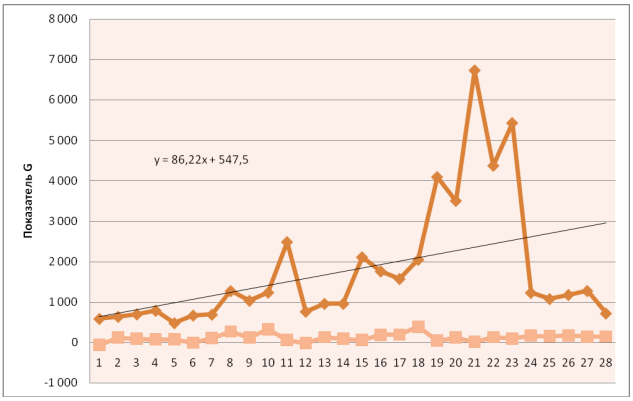
Таблица 2

Расчетные данные рейтинга $G_{i,t}^{\text{пол}}$

Год	Начало и конец периода (t)		$G_{i,t}^{\text{пол}}$	Доход Текущая деятельность Вид деятельности Операционная Статья Реализация работ, услуг Подстатья Сдача в аренду имущества Выполняемая функция Сдача в аренду
2006	Январь	Июнь	$G_{1,1}^{\text{пол}}$	7,00
2006	Февраль	Июль	$G_{1,2}^{\text{пол}}$	8,00
2006	Март	Август	$G_{1,3}^{\text{пол}}$	5,00
2006	Апрель	Сентябрь	$G_{1,4}^{\text{пол}}$	4,00
….	…..	…..	…..	…….
2006–2007	Декабрь	Май	$G_{1,12}^{\text{пол}}$	5,00
2007	Январь	Июнь	$G_{1,13}^{\text{пол}}$	3,00
2007	Февраль	Июль	$G_{1,14}^{\text{пол}}$	5,00
……	…….	…..	……	…….
2008	Октябрь	Март	$G_{1,22}^{\text{пол}}$	14,00
……	…….	…..	……	…….
2008	Апрель	Сентябрь	$G_{1,28}^{\text{пол}}$	17,00
$\sum_{t=1}^{28} G_{i,t}^{\text{пол}}$				201,00

фактических учетных данных по системе за 33 месяца это позволило получить значения рейтингов функции в 28 точках [5].

Для удобства анализа представим данные табл. 3 графически:



Положительная корреляция по периодам анализа

На графике показана динамика показателей $G_t^{\text{сист_пол}}$ и $G_t^{\text{сист_разн}}$ при расчёте коэффициентов корреляции по скользящему окну временных периодов в 6 месяцев (с января по июнь, с февраля по июль и т. д.). Подобно тому, как это было сделано в табл. 2, наличие фактических учётных данных по системе за 33 месяца позволило построить график значений рейтингов системы в 28 точках.

Динамика суммарного корреляционного рейтинга системы $G_t^{\text{сист_общ}}$ позволяет оценить реакцию компании на влияние факторов внутренней и внешней среды, подобно тому, как это делается при применении метода корреляционной адаптометрии. График наглядно иллюстрирует тот факт, что при возникновении «раздражающего фактора» – началу работ по крупному проекту или наличию кризиса – резко возрастает общая скоррелированность системы, выраженная значением суммарного корреляционного рейтинга системы $G_t^{\text{сист_общ}}$.

Определяем на графики периоды, которые нам интересны для анализа, имеющие максимальный рост или

Таблица 3

Сумма граф

	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006–2007	2006–2007	2006–2007
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = 6$	$t = 7$	$t = 8$	$t = 9$	$t = 10$
$G_t^{\text{сист_общ}}$	587	638	698	788	481	669	691	1 274	1 034	1 236
$G_t^{\text{сист_пол}}$	262	378	393	431	279	330	398	771	579	781
$G_t^{\text{сист_отр}}$	–325	–260	–305	–357	–202	–339	–293	–503	–455	–455
$G_t^{\text{сист_разн}}$	–63	118	88	74	77	–9	105	268	124	326

Продолжение табл. 3

	2006–2007	2006–2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007–2008
	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь
	$t = 11$	$t = 12$	$t = 13$	$t = 14$	$t = 15$	$t = 16$	$t = 17$	$t = 18$	$t = 19$	$t = 20$
$G_t^{\text{сист_общ}}$	2 484	765	959	959	2 110	1 759	1 572	2 047	4 089	3 502
$G_t^{\text{сист_пол}}$	1 273	373	545	526	1 084	973	883	1 217	2 068	1 813
$G_t^{\text{сист_отр}}$	–1 211	–392	–414	–433	–1 026	–786	–689	–830	–2 021	–1 689
$G_t^{\text{сист_разн}}$	62	–19	131	93	58	187	194	387	47	124

Окончание табл. 3

	2007–2008	2007–2008	2007–2008	2007–2008	2008	2008	2008	2008
	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
	$t = 21$	$t = 22$	$t = 23$	$t = 24$	$t = 25$	$t = 26$	$t = 27$	$t = 28$
$G_t^{\text{сист_общ}}$	6 723	4 369	5 424	1 229	1 077	1 178	1 276	720
$G_t^{\text{сист_пол}}$	3 369	2 251	2 761	698	615	676	709	433
$G_t^{\text{сист_отр}}$	–3 354	–2 118	–2 663	–531	–462	–502	–567	–287
$G_t^{\text{сист_разн}}$	15	133	98	167	153	174	142	146

падение, т. е. изменение. Это периоды 11, 15, 19, 21, 22 и 23-й. В 11, 15, 19, 21, 23 и 24-м периодах наблюдается рост коррелированности системы, в 22-м – существенный спад.

Теперь наш анализ сводится к тому, что ориентируясь на график, видя тенденцию развития компании, мы можем выбирать период для более глубокого анализа по $G_t^{\text{пол}}$ и $\sum_{t=1}^{28} G_{i,t}^{\text{пол}}$.

В рамках заданного периода от изучения общего корреляционного рейтинга можно перейти на уровень рассмотрения отдельных функций и определить их количественное влияние на развитие компании в динамике. Функции, которые имеют наибольшую корреляционную связь с прочими, а следовательно, более прочих функций влияют на остальные, рассматриваются наиболее тщательно. Таким образом более объективно решается задача распределения финансирования в компании для целей её развития [6].

Итак, описанная в данной работе методика исследования системы управления группой разнородных компаний – холдингом, позволяет:

– определить критические периоды компании помощью оценки суммарного корреляционного рейтинга показателей бизнес-процессов компании, полученных на основании фактических учётных данных, что технически реализуется при помощи программы экспресс-аудита структуры компании;

– оптимизировать затраты на выполняемые функции, четче сориентировать компанию на выполнение своих целей, оптимизировать работу компании в рамках холдинга;

– управлять разнородными активами холдинга за счет стандартизации подхода к разнородным показателям подобно тому, как это делается в сбалансированных системах показателей.

При построении комплексной и современной системы управления компанией был использован не просто одномерный подход по одному показателю, а решение для интеграции управления различными функциями деятельности предприятия. Такое решение с одной стороны является эффективным механизмом управления холдингом, а с другой стороны имеет реальную денежную ценность для компании. Происходит это постольку, поскольку система выступает для инвесторов гарантом управляемости проектов данного предприятия и минимизации управленческих рисков, а значит, наличие такой системы представляет собой ценный нематериальный актив.

Библиографический список

1. Афанасьев, В. Н. Математическая теория конструирования систем управления / В. Н. Афанасьев, В. Б. Колмановский, В. Р. Носов. М. : Высш. шк., 1989.

2. Механизм повышения корреляций между физиологическими параметрами при увеличении адаптационного напряжения / А. Н. Горбань, В. Т. Манчук, А. В. Перфильеваи др. // Тр. IV Междунар. конф. «Математика, компьютер, образование». Москва–Пущино, 1997. С. 68–73.

3. Друри, К. Введение в управленческий и производственный учет / К. Друри . М. : Аудит : ЮНИТИ, 1998.

4. Дугельный, А. П. Бюджетное управление предприятием : учеб.-практ. пособие / А. П. Дугельный, В. Ф. Комаров. 2-е изд. М. : Дело, 2004.

5. Нильс-Горан, О. Оценка эффетивности деятельности компании / О. Нильс-Горан, Ж. Рой, В. Магнус // Практическое руководство по использованию сбалансированной системы показателей : пер. с англ. М. : Вильямс, 2004.

6. Флеминг, У. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами / У. Флеминг, Р. Ришел. М. : Мир, 1978.

S. N. Masaev, M. G. Dorrer

THE ESTIMATION METHOD OF THE COMPANY MANAGEMENT BASED ON THE ADAPTATIVE CORRELATION TO THE EXTERNAL ENVIRONMENT

The method of the express audit of the structure and the indicators of company business processes based on the calculation of simple correlation between temporal series of expenses is presented.

Keywords: correlation, adaptometry, process, the system analysis, management.

УДК: 633.1

Н. И. Пыжикова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Обосновывается необходимость внедрения ресурсосберегающих технологий с целью повышения экономической эффективности зернопроизводства в регионе.

Ключевые слова: рентабельность, ресурсосберегающие технологии, основные фонды, инвестиции.

Аграрный сектор имеет важнейшее значение в социально-экономическом развитии Красноярского края.

За период реформ в аграрном секторе экономики сформировалось многоукладное сельское хозяйство. На 1 января 2008 г. в крае функционировало более 400 сельскохозяйственных организаций, 2 722 крестьянских (фермерских) хозяйства и более 190 тысяч личных подсобных хозяйств.

По производству продукции сельского хозяйства Красноярский край занимает 4 место в Сибирском федеральном округе. В 2007 г. в хозяйствах всех категорий края произведено продукции на сумму 41,6 млрд руб.(14 % в общем объеме производства продукции сельского хозяйства округа).

Удельный вес отрасли в валовом региональном продукте – 9,5 %, в сельской местности проживает 24 % населения края.

Вся посевная площадь в 2008 г. составила 1 млн 471,5 тыс. га, 102,2 % к уровню 2007 г.. Зерновые культуры заняли 970,7 тыс. га, что на 49,5 тыс. га больше уровня предыдущего года.

Зерно является стратегическим продуктом, от состояния его производства зависит продовольственная безопасность страны, региона, обеспеченность хлебом, крупами, продуктами животноводства. Производство зерна – традиционная основа всего продовольственного комплекса и наиболее крупная отрасль сельского хозяйства страны.

Природно-климатические условия Сибири благоприятны для производства зерна, эта отрасль способна приносить максимальный доход. Зерновыми культурами в Красноярском крае занято более 60 % посевных площадей, а на долю зерна приходится около одной трети стоимости валовой продукции растениеводства и почти треть всех кормов, потребляемых в животноводстве.

Анализ потребности населения Красноярского края в продуктах питания с учетом норм потребления по видам продукции показал, что на сегодняшний день существует дополнительная потребность в производстве зерна.

В зависимости от природно-климатических условий рентабельность (без субсидий) производства зерна колебалась от 5,4 % в 2006 г. до 63,5 % в 2005 г. (табл. 1). В 2008 г. в сравнении с прошлым годом ожидается ухудшение финансовых результатов, в целом по России прогнозируется снижение уровня рентабельности более чем на 10 %. Главной причиной этого является значительный рост цен на материальные ресурсы, которые потребляет сельское хозяйство. Так, например, за девять месяцев 2008 г. цены на минеральные удобрения повысились по сравнению с декабрем предыдущего года на 70 %. В период посевной и уборки урожая цены на дизельное топливо резко возросли, их рост превысил 30 % с начала года. В то же время цены на продукцию сельского хозяйства выросли всего на 1,6 %, а на животноводческую продукцию даже снизились на 2,7 %. Таким образом, налицо диспаритет цен.

Вопрос повышения рентабельности продукции сельскохозяйственного производства, в том числе зерна, напрямую зависит от возможности сократить прямые производственные затраты на получение конечного урожая. При традиционной модели ведения растениеводства значительную часть прибыли «съедают» производственные затраты. Успешный производитель тот, кто собирает оптимальный урожай с наименьшими затратами. При организации сельского хозяйства по традиционным технологиям урожай на 80 % зависит от природы. При ресурсосберегающих технологиях влияние погоды и климата на эффективность растениеводства сведено к 20 %. Остальные 80 % приходятся на технологии и управление в сельском хозяйстве, объединенные в одну систему.

Понятие ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых культур – комплексное. Перечислим его основные элементы:

– полевые зернопаровые и зернопропашные севообороты короткой ротации с оптимальным удельным весом чистых паров;

– минимальная и комбинированная системы обработки почвы, посев и уход комбинированными посевными и почвообрабатывающими агрегатами, совмещающими за один проход несколько операций, «нулевой посев»;

– ресурсосберегающая система удобрений с использованием биологических методов воспроизводства почвенного плодородия (например, запашка соломы);

– комплексные методы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков;

– система машин с использованием комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатов нового поколения;

– сорта, устойчивые к болезням и вредителям, с высоким качеством зерна.

К ресурсосберегающей технологии обработки почвы относятся минимальная и нулевая обработки почвы. Минимальная обработка почвы предусматривает применение поверхностной безотвальной обработки вместо глубокой вспашки или плоскорезного глубокого рыхления и минимальное число проходов агрегатов по полю. Нулевой посев (прямой посев, No Till) производится по

необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки почвы при сохранении стерни и равномерно разбросанной измельченной соломе.

Применение ресурсосберегающих технологий в возделывании сельскохозяйственных культур способствует экономии энергоресурсов, повышению производительности труда, снижению затрат труда и себестоимости сельскохозяйственной продукции.

Сельскохозяйственные товаропроизводители края активно внедряют ресурсосберегающие технологии. Увеличение объемов их применения идет совместно с внедрением системы комплексной химической защиты растений. Так, в 2008 г. 63 % от высеянных семян зерновых культур протравлено фунгицидами, 93 % от протравленных семян обработано фунгицидами за счет краевого бюджета. Химическая прополка посевов проведена на площади 1 200,3 тыс. га, что на 163,8 тыс. га выше уровня 2007 г. (включена обработка паров при применении гербицидов разного спектра действия, площадь обработки суммируется). Препаратами, приобретенными за счет средств краевого бюджета, обработано 740,0 тыс. га посевов зерновых культур, что на 62,6 тыс. га больше уровня 2007 г. Удельный вес площади, засеваемой элитными семенами зерновых и зернобобовых культур, в 2008 г. составил 5,7 %, что выше уровня 2007 г. на 2,8 %.

Под урожай 2008 г. минеральные удобрения приобрели хозяйства 27 районов края, закуплено 30,4 тыс. т действующего вещества, что на 2,6 тыс. больше, чем в прошлом году, несмотря на то, что цена на минеральные удобрения в 2008 г. повысилась на 70...80 %.

В результате средняя урожайность зерновых культур в крае составила 26,1 ц/га в первоначально-оприходованном весе, что на 2,9 ц/га выше уровня 2007 г. Три хозяйства в крае получили урожайность зерновых выше 50 ц/га: ЗАО «Назаровское» Назаровского района – 61,5 ц/га, ЗАО «Солгонское» Ужурского района – 55,7 ц/га, ЗАО «Искра» Ужурского района – 52,1 ц/га. Производство зерна в весе после подработки составило 2 100 тыс. т, что на 20,6 % больше по отношению к 2002 г., когда зерновые культуры занимали площадь 1 079,3 тыс. га, и на 14,4 % больше к уровню 2007 г.

Переход на ресурсосберегающие технологии требует особого внимания к оснащению парка сельскохозяйственной техники принципиально новыми машинами для подготовки почвы и посева, в которых должны сочетаться универсальность (многофункциональность), высокая производительность и низкая энергоемкость.

Ежегодно, в течение последних 17 лет, численность машинно-тракторного парка в крае уменьшалась за счет разницы между поступлением и списанием техники в среднем на 882 трактора, 274 зерноуборочных комбайна, 92 кормоуборочных комбайна.

Это привело к сокращению к 2008 г. по сравнению с 1990 г. количества тракторов в 2,5 раза, зерноуборочных комбайнов в 2,1 раза, кормоуборочных комбайнов в 2,3 раза. В результате снизился качественный и количественный состав машинно-тракторного парка края.

По данным районных управлений (отделов) сельского хозяйства администраций районов, в хозяйствах края за пределами амортизационного срока находится 90,1 % тракторов, 80,2 % зерноуборочных комбайнов, 81,4 % кормоуборочных комбайнов.

Соглашением, заключенным между Советом администрации края с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации по реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008–2012 гг., утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14.07.2007 № 446, также определены показатели для Красноярского края по приобретению основных видов техники и коэффициенты ее обновления на ближайшие 5 лет.

По соглашению, только в 2008 г. в плане приобретения числится 508 тракторов, 263 зерноуборочных комбайна, 87 кормоуборочных комбайнов, коэффициенты обновления должны составить по тракторам 5,2 %, по комбайнам соответственно – 7,4 % и 11,8 % (табл. 2).

В целях заинтересованности сельскохозяйственных товаропроизводителей края в обновлении тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, приобретении многооперационных комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин (агрегатов и комплексов), а также во внедрении ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве Законом Красноярского края от 02.10.2008 г. № 7-2096 «О краевом бюджете на 2008 г.» предусмотрено финансовых средств на компенсацию части затрат, связанных с приобретением техники и оборудования в сумме 1 077,0 млн рублей, в том числе

Таблица 1

Результат от реализации 1 т зерна в Красноярском крае

Показатели	Годы			
	2004	2005	2006	2007
Удельный вес в валовой выручке от реализации, %	27,0	20,9	18,8	21,2
Производственная себестоимость 1 тонны, руб.	1 823	2 448	2 889	2 686
Цена реализации 1 тонны, руб.	3 121	2 592	3 029	3 784
Результат от реализации без субсидий, тыс. руб.	996 886	233 387	112 445	777 579
Результат от реализации с субсидиями, тыс. руб.	1 272 072	586 821	607 098	1 245 132
Прибыль от реализации 1 тонны без субсидий, руб.	1 212	280	155	955
Уровень рентабельности без субсидий, %	63,5	12,1	5,4	33,8
Прибыль от реализации 1 тонны с субсидиями, руб.	1 546	703	839	1 529
Уровень рентабельности с субсидиями, %	81,0	30,4	29,2	54,1

243 млн рублей на возмещение части затрат на приобретение техники и оборудования по краевой целевой программе «Развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в Красноярском крае на 2006–2009 годы».

Приобретение указанного количества техники позволит повысить коэффициент обновления по тракторам с 1,2 % в 2007 г. до 2,1 % в 2008 г., по зерноуборочным комбайнам с 2,2 % в 2007 г. до 4,2 % в 2008 г. и поддержать коэффициент обновления по кормоуборочным комбайнам на уровне 5,1 % , достигнутом в 2007 г. Показатели по приобретению сельскохозяйственной техники будут выполнены в 2008 г. по тракторам – на 52 %, зерноуборочным комбайнам – на 89,7 %, кормоуборочным комбайнам – на 49,4 %.

В настоящее время в крае существуют лишь единичные хозяйства, в той или иной степени обладающие полным набором машин для ресурсосберегающих технологий производства зерна. Одной из главных причин сложившегося положения является сравнительно высокая стоимость предлагаемых на рынке сельскохозяйственных машин.

Переход на ресурсосберегающие технологии требует, в первую очередь, подбора парка специальной техники; другими словами, его модельный ряд в хозяйстве должен охватывать весь технологический цикл: и предпосевную подготовку почвы, и посев, и уход за посевами, и уборку. При этом техника должна максимально соответствовать почвенно-климатической зоне ее применения.

Расчет потребности в сельскохозяйственных машинах в рамках даже одного хозяйства показывает, что для их приобретения необходимы значительные денежные средства.

Для достижения показателей Соглашения потребуется вкладывать в поддержку сельского хозяйства ежегодно от 4 до 5 млрд руб.. Основная доля инвестиций в основной капитал – это привлеченные средства. Поскольку сельскохозяйственное производство предполагает окупаемость через три-пять лет, без кредитных ресурсов крестьянам не обойтись. Решающий шаг к повышению финансовой устойчивости и расширению доступа сельских товаропроизводителей к кредитным ресурсам сделан три года назад, когда был объявлен приоритетный национальный проект «Развитие АПК». Все товаропроизводители, в том числе и владельцы личных подсобных хозяйств, получили возможность привлекать льготные кредиты на свое развитие – строительство животноводческих помещений, приобретение сельхозтехники, сельскохозяйственных животных и др. Привлекательность кредитования повысило государство, введя в рамках нацпроекта субсидирование процентных ставок. За 2006–2008 гг., когда национальный проект стал частью программы развития сельского хозяйства на период 2008–2012 гг., сельскохозяйственные товаропроизводители края получили кредиты на общую сумму 7,97 млрд руб. (4,0 млрд руб. долгосрочных кредитов, 3,97 млрд руб.– краткосрочных), на которые выданы государственные субсидии в размере 776,2 млн руб., в том числе 204,4 млн. руб. из краевого бюджета.

Последние 5 лет наблюдался рост привлечения кредитных средств субъектами агропромышленного комплекса края. Однако доступ к кредитным ресурсам получили только 30 % сельскохозяйственных товаропроизводителей, имеющих залоги и стабильные обороты. Но и эти хозяйства с каждым годом способны привлекать все меньший объем кредитов из-за растущей закредитованности (в 2005 г. – 30 %, в 2006 г. – 39 %, в 2007 г. – 61 % только в части кредитов и займов). Если же учитывать прочую краткосрочную и долгосрочную кредиторскую задолженность, то закредитованность составила соответственно 67 %, 70 %, 87 %.

Благодаря значительным суммам, выделяемым из краевого бюджета на приобретение техники, на поддержку элитного семеноводства, приобретение минеральных удобрений, на средства химической защиты, наблюдается положительная динамика обновления основных фондов, впервые в 2008 г. по тракторам и зерноуборочным комбайнам обновление превышает выбытие, что создает условия для увеличения удельного веса площадей зерновых культур, обрабатываемых с применением ресурсосберегающих технологий с 43,1 % в 2007 г. до 47,8 % в 2008 г.

Сравнительный анализ затрат на приобретение необходимых наборов техники для получения всходов на 10 000

Таблица 2

Приобретение основных видов техники сельскохозяйственными товаропроизводителями Красноярского края в 2004–2008 гг. при государственной поддержке

Показатели	Годы (факт)				2008 г.			
	2004	2005	2006	2007	ожидаемое		обязательства по соглашению	
Возмещение затрат приобретенной сельскохозяйственной техники и оборудования, %	30	30	30	30	30	50	30	50
Сумма государственной поддержки, млн руб.	40,0	116	144	236	193	641	651,0	1 049,0
Приобретение основных видов техники								
тракторы, единиц	53	78	91	74	265		508	
зерноуборочные комбайны, единиц	114	108	67	79	236		263	
кормоуборочные комбайны, единиц	3	6	22	29	43		87	
Коэффициент обновления								
тракторы, %	1,5	1,4	1,5	1,2	2,1		5,2	
зерноуборочные комбайны, %	3,2	3,8	2,9	2,2	4,2		7,4	
кормоуборочные комбайны, %	2,6	2,3	3,3	5,1	5,1		11,8	

га при традиционной обработке и ресурсосберегающей технологии показывает, что при традиционной обработке потребуется 56 тракторов и 88 агрегатов (3 320 тыс. долларов); при ресурсосберегающей технологии – 1 трактор и 1 посевной комплекс для всех культур (550 тыс. долларов). Таким образом, инвестиции на закупку необходимого парка техники на 1 га при традиционной технологии составят 332 доллара; при ресурсосберегающей 55 долларов, что в 6 раз дешевле.

Сравнительный анализ затрат на производство зерна при традиционной обработке и ресурсосберегающей технологии на примере ЗАО «Солгонское» Ужурского района за 2007 г. показал, что затраты на 1 га при возделывании зерновых по ресурсосберегающим технологиям ниже на 36,7 %. Уровень рентабельности соответственно выше более чем на 15 %.

Основными преимуществами применения ресурсосберегающих технологий являются:

– экономия ресурсов (горючего, удобрений, трудозатрат, времени), снижение амортизационных расходов;

– повышение рентабельности производства;

– сохранение и восстановление плодородного слоя почвы (улучшение его химических, физических и биологических качеств, увеличение содержания органического вещества в почве);

– снижение или устранение эрозии почв (нет необходимости тратить дополнительные средства на решение этой проблемы);

– регулирование засоренности посевов;

– накопление и задержание влаги в почве;

– снижение зависимости получения урожая от погодных условий;

– улучшение качества зерна.

В целом по краю увеличение удельного веса ресурсосберегающих технологий в зернопроизводстве в 2008 г. позволило сельскохозяйственным товаропроизводителям края повысить производительность труда в 1,5…3 раза и снизить потребность в технике и механизаторских кадрах. При этом сроки проведения полевых работ сократились на 9–12 дней. При запоздании с началом весенне-полевых работ по западным, центральным, восточным и северным районам на 10 дней по сравнению с аналогичным периодом 2007 г., в 2008 г. посеяно в оптимальные сроки 96 % зерновых культур. Расчет показал, что прибавка урожая от посева в оптимальные сроки составит 1 ц/га, что позволит увеличить выручку от реализации продукции на 465,9 млн руб. (970686 га · 0,96 · 0,1 т · 5 000 руб./т);

Кроме того, благодаря применению ресурсосберегающих технологий, увеличилась посевная площадь зерновых культур по сравнению с 2007 г. на 51,7 тыс. га, собрано около 108,57 тыс. т зерна на сумму 542,85 млн руб. (108,57 тыс. т · 5 000 руб./т); удалось снизить затраты на ГСМ на 316,1 млн руб. (11,6 тыс. т · 27 059,0 руб./т); потери зерна при уборке зерновых культур уменьшились на 3,0 ц/га (в 2008 г. приобретены 223 единицы зерноуборочных комбайнов для уборки зерновых на площади 133 800 га). Ожидаемая дополнительная выручка составит 200,4 млн руб. (133 800 га · 0,3 т · 5 000 руб./т).

Таким образом, применение ресурсосберегающих технологий в зернопроизводстве в 2008 г. обеспечивает увеличение выручки от реализации зерновых культур на 1 209,15 млн руб. в сравнении с 2007 г.

Учитывая, что ежегодные затраты на ремонт изношенной техники в крае составляют около 1 500 млн руб., целесообразнее направлять финансовые средства как на обновление машинно-тракторного парка, так и на приобретение элитных семян, средств химической защиты, удобрений, в том числе и за счет оказания государственной поддержки субъектам АПК из краевого бюджета с целью более интенсивного внедрения ресурсосберегающих технологий в зернопроизводство и повышения его эффективности.

N. I. Pyzhikova

EFFICIENCY OF RESOURCE-SAYING OF TECHNOLOGIES USE IN GRAIN MANUFACTURING IN KRASNOYARSK REGION

The necessity of resource-saving technologies penetration with the purpose of economic efficiency of grain manufacturing increase in Krasnoyarsk region is proved.

Keywords: profitability, resource-saving technologies, basic assets, investments.

УДК: 332.3:631.95

Л. В. Калягина, Н. И. Пыжикова

ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рассматриваются и анализируются резервы агроэкономической системы и факторы, обеспечивающие ее стабилизацию и последующее устойчивое развитие. Выделяется приоритетное направление политики устойчивого развития системы, базирующееся на пяти взаимосвязанных составляющих, основанных на использовании экономических инструментов стимулирования природоохранной деятельности землепользователей.

Ключевые слова: устойчивое развитие, система, окружающая среда, землепользование.

Устойчивое развитие системы в условиях становления рыночных отношений – одно из основных требований успешного реформирования и функционирования многоукладной экономики. В большинстве случаев под устойчивым развитием подразумевается такое развитие, при котором удовлетворяются материальные и духовные потребности настоящего времени, но не ставится под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои потребности. При этом под «стратегией устойчивого развития» понимается достижение гармонии между индивидами, с одной стороны, природой и обществом – с другой. Выживание и последующее устойчивое развитие системы существенно зависит от того, насколько территории смогут вести хозяйство по-новому, максимально сберегая природу и собственные ресурсы; использовать наукоемкие технологии, получать высокие экономические результаты при ограниченных естественных ресурсах.

Мировая социально-экономическая практика показывает, что дестабилизация неизбежно сопровождает любое сообщество на переходном этапе. Однако в каждом сообществе имеются резервы и факторы, обеспечивающие стабилизацию и последующее устойчивое развитие системы, и их реализацией можно управлять (рис. 1).

Во многих работах российских ученых анализируются макроэкономические факторы, влияющие на дестабилизацию различных территорий, изучаются проблемы слаборазвитых, депрессивных и проблемных регионов; разрабатываются меры по выравниванию различий в состоянии их социально-трудовой сферы. Особое внимание отводится проблемам стагнации и дестабилизации сельских территорий. Но изучение резервов и факторов устойчивого развития сельских территорий как важнейшего элемента социально-экономической организации аграрной сферы России часто остается за рамками научного исследования.

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, девиантное и противоправное поведение, самоубийства, социальные противоречия и конфликты. В свою очередь, указанные социально негативные явления резко снижают качество пространства жизни на селе и личного фактора аграрного производства, тормозят социально-экономическое развитие главной производительной силы

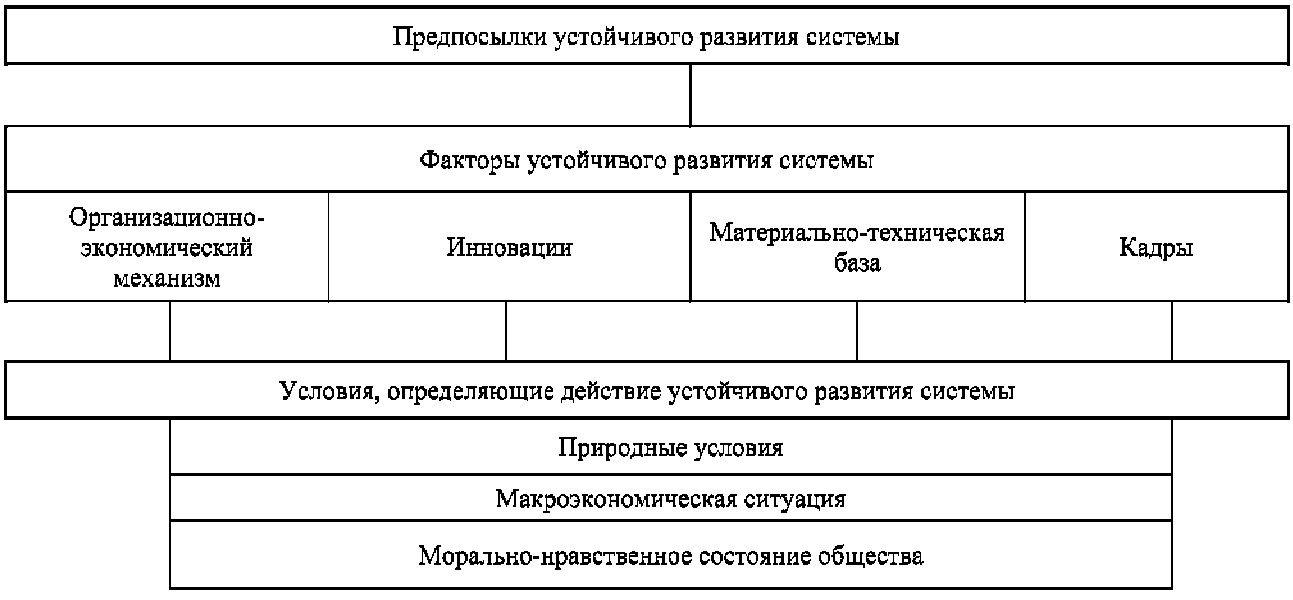


Рис. 1. Предпосылки и факторы устойчивого развития системы

сельских территорий, блокируют формирование их устойчивого развития.

От того, насколько складывающиеся условия агропромышленного производства способствуют выполнению его задач, зависит наличие предпосылок устойчивого развития агроэкономической системы, которые можно подразделить на три группы: не поддающиеся массовому регулированию; частично регулируемые при помощи тех или иных факторов; полностью зависимые от проводимых мер по развитию сельского хозяйства и осуществляемой аграрной политики.

К первой группе относятся условия, складывающиеся под влиянием неподвластных человеку природно-климатических факторов: это обеспеченность землей, количество осадков, длина вегетационного периода. Влияние их при современном уровне развития науки и техники не может быть устранено в более или менее значимых масштабах, хотя может быть в определенной мере ослаблено. Вторую группу образуют условия, которые формируются при одновременном влиянии природных и экономических факторов, но поддаются в той или иной мере регулированию: почвенное плодородие, структура земельных угодий, трудообеспеченность. Третья группа включает условия, складывающиеся в результате осуществления определенных мер по развитию сельского хозяйства: это обеспеченность материально-техническими ресурсами, платежеспособность сельхозтоваропроизводителей, квалификация кадров, возможности инновационного развития, функционирование продовольственного рынка.

Соответственно природе каждой из этих групп условий, при рассмотрении и использовании их в качестве предпосылок устойчивого развития агроэкономической системы необходим дифференцированный подход. Если условия первой группы – это данность, которая воспринимается как она есть, то по условиям третьей и частично второй групп речь уже может и должна идти о создании соответствующих предпосылок обеспечения устойчивого развития агроэкономической системы. В той мере, в какой имеет место или возможно количественное и качественное изменение исходных условий, предпосылки становятся факторами устойчивого развития агроэкономической системы.

Мероприятия, обеспечивающие использование системообразующих факторов и их активизацию, формируют пути устойчивого развития агроэкономической системы. Организационно-экономический механизм, инновации, материально-техническая база как факторы развития агроэкономической системы тем успешнее будут функционировать, чем полнее в их содержании будут учтены и отражены природные особенности агропромышленного производства, а именно: обеспечение сохранения и повышения плодородия почвы, повышение засухоустойчивости сельскохозяйственных культур, борьба с переувлажнением почвы. Академик В. В. Милосердов подчеркивает, что «необходим принципиально иной механизм взаимодействия науки, сельскохозяйственного производства и органов государственного управления. Появилась необходимость организационной и методической перестройки как институтов, так и Россельхозакадемии в целом. Сегодня ученым-экономистам следует переходить на новый этап научных разработок и внедрения результатов исследований в производство – на проектирование со всеми его атрибутами: разработкой проекта, его привязкой к природно-экономическим условиям, сдачей «под ключ», научным сопровождением» [1].

Рост производительных сил сельского хозяйства, происходящий на основе научно-технического прогресса, включает повышение почвенного плодородия, повышение биологического потенциала продуктивности растений и животных; повышение производительности труда, изменение его характера путем замены ручного труда механизированным; рост материально-вещественных элементов путем расширения масштабов применения и качественного совершенствования средств производства (рис. 2).

Исторически считается, что земля является одним из важнейших элементов производительных сил. До недавних пор существовал единственный подход к использованию земель сельскохозяйственного назначения, основанный на том, что «с точки зрения современных достижений науки, принципиально возможно получение продукции с единицы сельскохозяйственной площади в несколько раз больше достигнутых средних показателей» [2]. Рост плодородия почвы и урожайности в результате научно-технического прогресса включал в качестве основных звеньев оптимальные для каждой сельскохозяйственной зоны способы обработки почвы, комплексное применение удобрений, севообороты, защиту растений, мелиорацию земель. Наряду с этим подходом изучение мирового опыта показывает, что сельское хозяйство вступило в полосу перехода от периода постоянного роста производства к периоду экологических ограничений, обусловленных необходимостью сохранения устойчивых агроэкосистем. По словам М. Минасова, «хозяйственный механизм устойчивого развития АПК – это механизм, обеспечивающий синхронность взаимодействия участников производства с природой, действием биосистемы, системой рисков, в том числе природно-метеорологических. На этой основе можно сделать вывод, что повышение устойчивости земледелия – одно из направлений роста эффективности сельскохозяйственного производства и связанных с ним отраслей перерабатывающей промышленности» [3].

В многообразии трактовок понятия «устойчивое развития» агроэкономической системы наиболее приемлемой для России является позиция Европейского союза, отстаиваемая в рамках Всемирной торговой организации (ВТО). Согласно этой позиции устойчивое развитие сельского хозяйства следует рассматривать как многофункциональную систему, целью которой является не только производство товарной продукции, но и решение эколого-экономических, а также социальных проблем каждого конкретного региона.

Стратегические цели развития агроэкономической системы должны способствовать полному использованию сельскохозяйственных земель, что означает передачу в собственность субъектам Федерации неиспользуемых долей и резервных фондов перераспределения земель, реализовывать предусмотренное действующим законодательством приоритетное право приобретения

государством подлежащих продаже земельных участков. Результатом поступления земли, оцененной в денежном эквиваленте, может быть включение ее в уставный капитал, что позволит увеличить сумму собственных средств организации и быть более привлекательным для инвесторов. Следует отметить, что для современного этапа развития агроэкономической системы главное заключается не в изменении форм собственности, а в совершенствовании организации производства, создании более благоприятных условий развития.

Прямыми экономическими регуляторами в данной области являются рентные платежи (земельный налог и арендная плата), дотации на производство экологически чистой продукции, компенсационные выплаты на возмещение экологических затрат, штрафы за нарушение экологического законодательства, страхование экологических рисков, субсидии, капитальные вложения. Существуют также косвенные экономические регуляторы, создаваемые рынком. К таковым относится, например, увеличение нормативной (и, как следствие, рыночной) цены земельного участка за счет благоприятной экологической составляющей, либо дополнительная прибыль, полученная за счет увеличения цен на экологически чистую сельхозпродукцию, от продажи побочной продукции (например, древесины, ягод, грибов, добываемых в лесонасаждениях на сельскохозяйственных землях) или увеличения продуктивности сельхозугодий вследствие средостабилизирующего влияния особо охраняемых природных территорий.

В Красноярском крае на 1 января 2008 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения составила 39 865,9 тыс. га. Площадь этой категории земель по сравнению с предшествующим годом увеличилась на 31 254,1 тыс. га за счет объединения Красноярского края с северными территориями.

Рассмотрим изменения, которые произошли в последние годы в распределении земель сельскохозяйственного назначения, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот (табл. 1). Площади сельскохозяйственных угодий в структуре земель сельскохозяйственного назначения занимают 4 924,6 тыс. га, или 12,4 %. Только часть сельскохозяйственных угодий – 4 556,1 тыс. га, или 11,4 % от общей площади занимаемых земель сельскохозяйственного назначения вовлечена в сельскохозяйственный оборот;

Рис. 2. Направления научно-технического прогресса в агроэкономической системе

368,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий находятся в фонде перераспределения земель и в настоящее время не используются. В структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни занимает 60,1 % (в 2006 г. – 57,8 %), залежи – 2,5 % (в 2006 г. – 2,6 %), многолетних насаждений – 0,5 % (в 2006 г. – 0,7 %), сенокосов – 13,6 % (в 2006 г. – 14,4 %), пастбищ – 23,3 % (в 2006 г. – 24,5 %) [4].

Площадь несельскохозяйственных угодий в структуре земель сельскохозяйственного назначения составила 34 941,3 тыс. га. Это – земли под зданиями, сооружениями, внутрихозяйственными дорогами, лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд, замкнутыми водоемами, а также земельными участками, предназначенными для обслуживания сельскохозяйственного производства. В 2007 г. в данную категорию включены земельные участки с тундровой растительностью, не вошедшие в другие угодья на территориях Таймырского Долгано-Ненецкого и Эвенкийского муниципальных районов. Данные земельные участки используются малочисленными коренными народами Севера для разведения оленей и занятием промыслами (охотой, рыбалкой).

Площади сельскохозяйственных угодий в 2007 г. увеличились на 55,0 тыс. га. За 2007 г. увеличение общей площади земель фонда перераспределения на 25 131,7 тыс. га произошло в результате объединения края (24 451,1 тыс. га), перевода земель сельскохозяйственных предприятий и отказа граждан от пользования и аренды земельных участков (680,6 тыс. га), что в целом по фонду перераспределения составляет 25 682,2 тыс. га, или 64,4 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения.

На 01.01.2008 г. в Красноярском крае нарушенные земли, в основном среди земель промышленности, в количестве 16 540 га имеют 249 хозяйствующих субъектов (предприятий, организаций, частных предпринимателей) на территории 39 районов и 7 городов края. В 6 районах края в землях запаса находятся 245 га нарушенных земель. В Таймырском (Долгано-Ненецком) муниципальном районе имеется 183 га ранее нарушенных земель, принадлежность которых документально не установлена. В разрезе отраслей хозяйственной деятельности наибольшие площади нарушенных земель – 12 546 га, или 75,6 % от их общего количества в крае приходятся на предприятия по добыче золота (6 073 га), угольной промышленности (4 710 га), черной и цветной металлургии (1 763 га).

За 1991–2007 гг. в результате хозяйственной деятельности было нарушено 23 469 га земель. В этот же период отработано 21 717 гектаров нарушенных земель, проведена рекультивация на площади 20 465 га (табл. 2), из которых возвращено в пашню 1 409 га, или 6,9 % от общего количества восстановленных земель, в другие сельскохозяйственные угодья – 2 034 га (9,9 %), лесные насаждения 15 730 га (76,9 %), водоемы и на другие цели – 1 292 га (6,3 %).

В 2007 г. на территории края работы с нарушением почвенного покрова были проведены на площади 260 га. За счет уточнений площадь нарушенных земель увеличилась на 1 169 га. Из них по отраслям: земель цветной металлургии – 285 га, угольной промышленности – 44 га, газовой промышленности – 59 га, геологоразведки – 576 га, строительства автомобильных дорог – 2 га, других отраслей – 20 га, а также за счет земельных участков, принадлежность которых не установлена – 183 гектара. За счет уточнений площадь нарушенных земель по отраслям электроэнергетики (75 га) и сельского хозяйства (56 га) уменьшилась на 131 га.

Предприятиями в 2007 г. было рекультивировано 255 га нарушенных земель, из которых переведено в пашню 11 га, что составляет 4,3 % общего количества рекультивированных, в пастбища и сенокосы – 44 га (17,3 %), в лесные насаждения – 176 га (69,0 %), в промышленное строительство, водоемы и другие цели – 24 га (9,4 %). Снято и заскладировано плодородного слоя почвы в количестве 421 тыс. м^3.

В целом по краю за 2007 г. площадь нарушенных земель увеличилась на 1298 га, из которых на долю вошед-

Таблица 1

Распределение земель сельскохозяйственного назначения за 2006–2007 гг.

Наименование угодий (тыс. га)	Годы		Расхождение в сравнении с 2006 г.
	2006	2007	
Общая площадь, в том числе:	8 611,8	39 865,9	+31 254,1
Сельскохозяйственные угодья, из них:	4 910,1	4 924,6	+14,5
пашня	2 958,3	2 958,2	–0,1
залежь	125,3	125,0	–0,3
многолетние насаждения	26,1	26,1	0
сенокосы	664,2	669,6	+5,4
пастбища	1 136,2	1 145,7	+9,5
Лесные земли	2 797,4	3 656,0	+858,6
Древесно-кустарниковая растительность	177,7	2 741,3	+2 563,6
Под водой	37,6	2 985,6	+2 948,0
Земли застройки	23,3	24,1	0,8
Под дорогами	40,5	40,5	0
Болота	130,0	7 031,6	+6 901,6
Нарушенные земли	0,7	0,9	0,2
Прочие угодья	494,3	18 461,3	+17 966,8

ших в состав Красноярского края Таймырского (Долгано-Ненецкого) и Эвенкийского муниципальных районов приходится 1137 га (676 га и 461 га соответственно).

Почва, как фактор окружающей среды, может служить источником вторичного загрязнения подземных вод, атмосферного воздуха, сельскохозяйственной продукции. Загрязнение и последующая деструкция почвы обусловлены либо локальным влиянием источника на почву, либо атмосферным переносом токсикантов в аэрозольной фазе. В почве кумулируются химические загрязнения, сохраняют жизнеспособность патогенная микрофлора и яйца гельминтов, что создает опасность для здоровья людей.

Показатели загрязнения почвы на территории Красноярского края по сравнению с показателями по Российской Федерации остаются стабильно высокими. Результаты лабораторных исследований, проведенные учреждениями Госсанэпиднадзора за период 2000–2007 гг., свидетельствуют о стабильно высоком химическом загрязнении почвы в районах размещения промышленных объектов и развязок автомобильных дорог (табл. 3).

Ситуация с загрязнением почвы жилых территорий населенных мест Красноярского края характеризуется как неблагополучная (табл. 4). По микробиологическим показателям имеется снижение доли неудовлетворительных проб с 25,5 % в 2004 г. до 9,8 % в 2007 г. Эпидемиологическая ситуация по паразитарному загрязнению почвы жилых территорий характеризуется как стабильно удовлетворительная; доля положительных находок за период 2004–2007 гг. не превышала 2,8 %.

Выборочные исследования проб почвы, проведенные на территории Красноярского края, свидетельствуют о наличии очагов химического загрязнения. На отдельных территориях Красноярского края удельный вес не соответствующих санитарным нормам проб почвы жилых территорий в 2007 г. составил: в Минусинском районе – 71,4 % (в 2006 г. – 40,0 %), в Красноярске – 61,5 % (в 2006 г. – 65,0 %), Норильске – 12,3 % (в 2006 г. – 83,0 %), Лесосибирске – 5,0 % (в 2006 г. – 31%).

В Красноярске основной вклад (до 99,0 %) в суммарное загрязнение почвы вносят мышьяк и бенз(а)пирен, отмечаются превышения ПДК фтора. В Норильске отмечается повышенное содержание в почве никеля, кобальта, свинца и меди. В Ачинске превышают ПДК никель, мышьяк, медь.

На протяжении последних лет на селитебных территориях Красноярского края остается высоким уровень микробного загрязнения почвы. Причинами высокого уровня биологического загрязнения почв ряда территорий края является отсутствие в Красноярском крае общей краевой и территориальных программ, направленных на сокращение отходов производства и потребления, обеспечение рациональной организации систем сбора, утилизации и уничтожения твердых и жидких бытовых отхо-

Таблица 2

Динамика нарушенных и рекультивированных земель за 1992–2007 гг.

Год	Нарушено, га	Отработано, га	Рекультивировано, га
1992	2 928	1 112	1 138
1993	1 621	614	1 896
1994	1 364	1 570	1 671
1995	1 796	1 853	1 856
1996	1 493	988	1 041
1997	1 047	1 963	1 197
1998	679	950	967
1999	471	463	682
2000	621	2 538	2 305
2001	830	1 011	701
2002	1 184	1 390	1 118
2003	1 226	1 098	1 782
2004	1 226	1 241	724
2005	1 195	887	824
2006	2 484	1 031	1 072
2007	1 298	907	255
Итого:	23 469	21 717	20 465

Таблица 3

Результаты исследований почвы в зоне влияния промышленных предприятий и транспортных магистралей Красноярского края за 2000–2007 гг.

Наименование показателей	Доля проб, не отвечающих санитарным требованиям, по годам, %							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Санитарно-химические	42,9	19,4	79,5	53,3	50,0	75,0	38,0	23,8

дов, отсутствие централизованной системы канализации в ряде жилых районов городов и сельских поселений, наличие несанкционированных свалок отходов производства и потребления.

Следовательно, приоритетное направление политики устойчивого развития агроэкономической системы должно базироваться на пяти взаимосвязанных составляющих:

1) экономическом регулировании – использовании экономических инструментов (налогов, дотаций, компенсаций) стимулирования природоохранной деятельности сельскохозяйственных землепользователей;

2) экологическом просвещении – развитии экологических ценностей у населения и вовлечении сельских жителей в процесс принятия решений;

3) технико-технологической политике – разработке экологических нормативов и технологий, техническом обеспечении природоохранной деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей;

4) экологическом мониторинге – контроле за состоянием всех природных компонентов, в том числе земельных ресурсов;

5) правовом и организационном государственном обеспечении экологической деятельности субъектов сельскохозяйственных отношений.

Сочетание мер государственного регулирования и рыночных механизмов природопользования в агроэкономических системах должно строиться на принципе «нарушение природоохранных требований ведет к уменьшению прибыли землепользователей». Экономическое стимулирование природоохранных мероприятий в аграрной сфере в настоящее время предусматривает два пути: либо на это непосредственно выделяются бюджетные средства (как правило, через федеральные и региональные целевые программы), источником которых являются платежи за пользование землей и штрафы за нарушение земельного законодательства; либо за счет бюджета полностью или частично компенсируются убытки собственникам земли, причиненные снижением их доходов при передаче земель под государственные и муниципальные лесонасаждения или иные природоохранные объекты, а также компенсируются произведенные затраты на использование и охрану земель.

Библиографический список

1. Милосердов, В. В. Рыночная кооперация и интеграция – магистральное направление развитие АПК регионов / В. В. Милосердов // Экономика с.-х. и перераб. предприятий. 2004. № 1. С. 11–14.

2. Курцев, И. В. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса Сибири: предпосылки, факторы, пути / И. В. Курцев // РАСХН. Сиб. отделение ; СибНИИЗСХ. Новосибирск, 2005. 374 с.

3. Минасов, М. Стратегия устойчивого развития агропромышленного комплекса / М. Минасов // АПК: экономика, управление. 2004. № 9. С. 3–11.

4. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 г. // М-во природных ресурсов и лесного комплекса Краснояр. края. Красноярск, 2008. 266 с.

Таблица 4

Результаты исследования почвы селитебных территорий Красноярского края

Наименование показателей	Доля проб почвы, не отвечающих гигиеническим нормативам, %			
	2004	2005	2006	2007
Красноярский край				
Санитарно-химические	45,5	51,5	35	16,9
Микробиологические	25,5	22,9	13	9,8
Паразитологические	2,8	2,3	0,8	2,6
Российская Федерация				
Санитарно-химические	11,4	10,4	8,6	н/д
Микробиологические	16,3	15	14,2	н/д
Паразитологические	2,6	2,4	2,1	н/д

L. V. Kalyagina, N. I. Pyzhikova

ECOLOGICAL LAND TENURE – NECESSARY CONDITION FOR THE STEADY DEVELOPMENT OF AGROECONOMIC SYSTEM

The reserves and the factors, which ensure stabilization and subsequent steady development of agro-economic system are examined and are analyzed. Is separated the priority direction of the policy of the steady development of agro-economic system, which is been based on five interconnected components, based on the ecological use of natural resources, and also on the use of economic tools) the stimulation of the nature-conservation activity of agricultural tenant farmers.

Keywords: steady development, agro-economic system, environment, land tenure, agricultural land, rural territories.

УДК 654.1 (075.8)

Л. А. Сафонова, Г. Н. Смоловик

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРИОРИТЕТОВ В СФЕРЕ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Предлагается концептуальная модель оценки инвестиционных приоритетов, предусматривающая выполнение анализа как в регионально-отраслевом разрезе, так и на микроуровне. Модель сочетает в себе ряд методов экономико-математического моделирования, в том числе кластерный анализ и многомерный регрессионный анализ. При оценке приоритетов на микроуровне рекомендуется использовать теоретические положения и методический инструментарий концепции реальных опционов.

Ключевые слова: инвестиционный приоритет, кластер, рейтинг, риски, реальный опцион.

Актуальность проблемы оценки инвестиционных приоритетов в современных условиях определяется необходимостью социально-экономического развития регионов РФ и многовариантностью сфер приложения капитала. Дефицит финансовых ресурсов обусловливает необходимость стимулирования привлечения инвестиций в инфокоммуникационный комплекс и их эффективное использование. Отсутствие надежных методов и подходов к определению инвестиционных приоритетов, адекватных происходящим социально-экономическим изменениям, как и отсутствие механизмов и форм управления инвестициями на регионально-отраслевом уровне затрудняет разработку обоснованной стратегии инвестиционной деятельности операторов связи.

Трансформация российской экономической системы и ее интеграция в мировое информационно-экономическое сообщество требует изучения мирового опыта и его использования с учетом особенностей нашей страны. Несмотря на всю значимость указанной проблемы, вопросы обоснования и выбора инвестиционных приоритетов еще находятся в стадии становления. Среди исследователей ведутся дискуссии о критериях, принципах и методах выполнения соответствующих оценок. Принимая во внимание то обстоятельство, что термин «инвестиционный приоритет» в научной литературе имеет достаточно широкое толкование, в данной работе предлагается следующее определение.

Под инвестиционным приоритетом будем понимать интегральную характеристику совокупности факторов (социальных, экономических, организационных, правовых, политических), определяющую целесообразность инвестирования в ту или иную экономическую систему.

Данный термин в инвестиционной политике занимает промежуточное положение между целями и инструментами их реализации и выполняет роль ориентира в решении задач инвестиционного характера. Обоснование, выбор и реализация инвестиционных приоритетов являются одной из функций управления инвестициями, выполнение которой осуществляется в процессе выработки, принятия и реализации управленческих решений. Методический аппарат определения инвестиционных приоритетов в настоящее время активно разрабатывается, существуют различные варианты его классификации.

С практической точки зрения, наибольшего внимания заслуживает классификация по уровню решаемых задач. В соответствии с указанным критерием методический инструментарий подразделяется на три группы:

1. Методы определения инвестиционных приоритетов на макроуровне (национальных приоритетов).

2. Методы определения инвестиционных приоритетов на мезоуровне (регионально-отраслевых приоритетов).

3. Методы определения объектов инвестирования на микроуровне.

Инвестиционные приоритеты на макроуровне, как правило, отражаются с помощью рейтинговых оценок. Одним из первых в этом направлении явилось исследование стран мира Гарвардской школой бизнеса. Широко известны и часто приводятся в экономической литературе рейтинги, публикуемые международными экономическими журналами «Euromoney», «Fortune», «The Economist». При составлении практически всех рейтингов в той или иной степени используются экспертные оценки. Указанные рейтинги служат критерием принятия решения об инвестировании в ту или иную страну.

Рейтинговые оценки получили широкое распространение, однако следует отметить недостатки, присущие данному подходу. Число факторов, включаемых в расчет рейтингов, слабо аргументировано и, как правило, ограничено объемом доступной статистической информации и размером выделяемых финансовых ресурсов. Отечественные и зарубежные исследователи, работающие в области определения инвестиционных рейтингов регионов России, оперируют достаточно большим количеством показателей – от 30...70 до 200. Это вовсе не обеспечивает более глубокого изучения данного явления ввиду неизбежно возникающей в таком случае мультиколлинеарности показателей. Определенную долю пессимизма вносит и сложность интерпретации результатов такой оценки. За итоговым интегральным значением слабо прослеживаются причинно-следственные связи и тенденции развития того или иного инвестиционного комплекса, что, в конечном счете, сказывается на обоснованности результатов расчетов. Методики расчета рейтингов в ряде случаев «непрозрачны» и не позволяют инвестору оценить, насколько принятые во внимание при расчете рейтинга факторы адекватны целям его инвестирования.

Учитывая высокую региональную дифференциацию России, особого внимания заслуживают подходы к определению инвестиционных приоритетов на мезоуровне. Существующие методические подходы к оценке инвестиционных приоритетов в регионально-отраслевом

разрезе во многом заимствовали западные традиции проведения подобных исследований: систему индикаторов, способы их количественной оценки, методику нормирования, итогового «взвешивания» и суммирования. Среди российских рейтинговых агентств лидирующие позиции занимает консалтинговое агентство «Эксперт-Регион». В соответствии с методикой данного агентства, рейтинг определяется как взаимосвязанная оценка двух основных составляющих: риска и потенциала. Менее представительным является направление, использующее экономико-математические методы.

Разработка концептуальной модели, а следовательно, и выбор метода расчета, должны осуществляться через призму целей оценки инвестиционных приоритетов, так как именно от этого зависит перечень включаемых в рассмотрение факторов, критериев и показателей их оценки. В контексте рассматриваемой в работе проблемы оценка инвестиционных приоритетов осуществляется с целью разработки эффективной стратегии управления инвестиционной деятельностью в отрасли инфокоммуникаций, позволяющей ликвидировать имеющее место информационное неравенство как между Россией и наиболее развитыми странами мирового сообщества, так и между отдельными регионами страны. В соответствии с поставленной целью предлагается концептуальная модель оценки инвестиционных приоритетов (рис. 1).

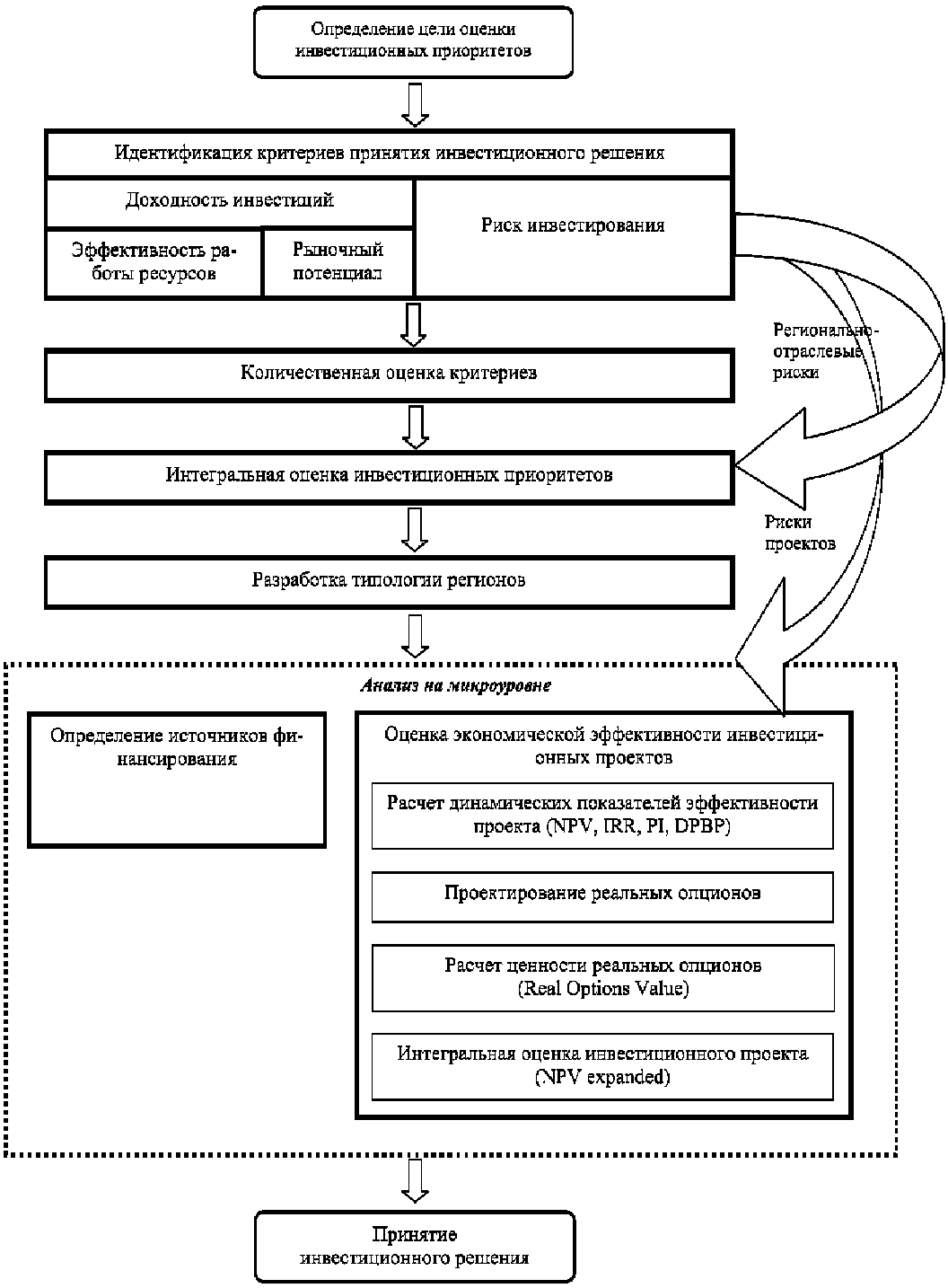


Рис. 1. Концептуальная модель оценки инвестиционных приоритетов

Согласно одной из основных парадигм финансового менеджмента, при принятии решения инвестор оценивает приемлемое для себя соотношение между ожидаемой доходностью инвестиций и риском. В зависимости от причин возникновения и возможностей устранения, следует выделить два компонента инвестиционного риска: специфический (коммерческий) и неспецифический (страновой, региональный, отраслевой).

Специфический, или коммерческий инвестиционный риск является разновидностью предпринимательского риска, связанного с инвестиционной деятельностью и вызванного специфическими для каждого инвестиционного проекта или отдельного предприятия (корпорации) особенностями коммерческой (рыночной) деятельности. Спектр рисков, связанных с осуществлением инфокоммуникационных проектов, достаточно широк. Рассмотрим основными из них.

Риск стратегии технического развития. Любая инфокоммуникационная сеть требует дальнейшего развития. Оно, в свою очередь, может быть как количественное, так и качественное. Соответственно, риск стратегии технического развития имеет два аспекта. Во-первых, он представляет собой опасность опережающего роста абонентской базы по сравнению с темпами ввода новых мощностей, модернизацией и оптимизацией сети. Причиной такой ситуации может быть как неверный прогноз, так и несвоевременная поставка оборудования, что может привести не только к сбоям в работе сети, финансовым потерям, но и к потере деловой репутации. Партнеры по осуществлению проекта должны быть связаны жесткими договорными обязательствами, исключающими возможность несвоевременной поставки оборудования. Количественное развитие подразумевает численное увеличение элементов сети, достаточное для обслуживания поступающей нагрузки без нарушения установленных показателей качества. Кроме того, существует потенциальная опасность неспособности оператора удовлетворить стремительно возрастающие потребности пользователей на основе имеющейся технологии (стандарта). Например, в сложившихся условиях уже недостаточно просто обеспечить абонента качественной и надежной телефонной связью, все более востребованными становятся новые услуги, например, передача мультимедийных данных. Это приводит к росту нагрузки на сеть и, следовательно, необходимости увеличения пропускной способности сети, к увеличению скорости передачи информации. В связи с этим в настоящее время весьма актуальной является задача внедрения инновационных технологий на телекоммуникационных сетях.

Рыночный риск. Связан с условиями, в которых осуществляется инвестиционный проект. Он обусловлен возможностью неблагоприятного воздействия внешней среды на финансовое состояние компании, ее способности достигать поставленных целей. Примером может служить снижение уровня платежеспособности населения. Дальнейшее положение компании в этой ситуации будет зависеть от своевременной реакции на произошедшие изменения. Для снижения риска в соответствующем разделе бизнес-плана проекта приводят результаты маркетинговых исследований, в том числе:

– общую характеристику целевых рынков, оценку их емкости, динамику развития рынка и прогноз тенденций изменения его в будущем;

– основные требования потребителей к услугам;

оценку возможностей конкурентов и основные данные о предоставляемых ими услугах (тарифы, уровень качества);

– технологическое и финансовое состояние конкурирующих организаций и степень их влияния на рынок этой услуги.

Риск маркетинговой политики. Возникает в результате принятия или непринятия стратегических решений, касающихся маркетинговой политики компании. Вероятность принятия неадекватных решений увеличивается по мере усиления конкуренции на соответствующем сегменте рынка. Растущая конкуренция со стороны операторов может привести к потере доли рынка и ухудшению финансового состояния.

Технический риск. Состоит в возможности возникновения отказов используемого оборудования. Для его снижения необходимо проводить постоянную работу по мониторингу используемого оборудования и повышению квалификации обслуживающего персонала.

Риск трудовых ресурсов. Имеет несколько источников. Во-первых, он связан с возможными ошибками в оценке качества трудовых ресурсов, возможностью нарушения условий их использования. Неукомплектованность объекта достаточным количеством квалифицированного персонала может привести к увеличению необходимого объема инвестиций, так как появляется необходимость его обучения, повышается вероятность отказов, неэффективного использования оборудования. Разновидностью этого вида риска является опасность потери трудовых ресурсов, связанная с возможностью появления новых компаний, нуждающихся в подготовленном, квалифицированном персонале. Для управления риском этого вида целесообразно проведение мероприятий по улучшению социальной политики, политики карьерного роста и обучения персонала.

Финансовый риск. Связан с недостатком финансовых ресурсов для выполнения поставленных перед компанией задач, неспособностью выполнить свои обязательства и ликвидировать задолженность.

Неспецифический, или некоммерческий инвестиционный риск обусловлен внешними по отношению к инвестору обстоятельствами макроэкономического, регионального, отраслевого характера.

Макроэкономические (страновые) и отраслевые инвестиционные риски. Воздействуют в одинаковой степени на вероятные результаты осуществления всех инвестиционных проектов соответственно в данной стране и в данной отрасли, следовательно, на результаты проводимой оценки сравнительной инвестиционной привлекательности влияния не оказывают и поэтому могут быть исключены из рассмотрения как постоянные факторы воздействия. Региональные риски и риски конкретного проекта должны учитываться при выборе методики оценки экономической эффективности. В частности, при оценке высокорискованных и нестандартных проектов предлагается использование опционного подхода.

Доходность инвестиций определяется, с нашей точки зрения, эффективностью работы отраслевых ресурсов и потенциальной емкостью рынка. Следует отметить, что существует определенный временной разрыв между моментом оценки эффективности работы отраслевых ресурсов (они могут быть определены только на основе статистических данных) и моментом принятия решения об инвестировании. Сложившийся уровень эффективности работы ресурсов отрасли определяется, прежде всего, ее спецификой, состоянием отраслевого менеджмента, потенциальной емкостью рынка. В свою очередь, емкость рынка (особенно инфокоммуникационного) имеет постоянную тенденцию к изменению и недооценка влияния этого изменения на эффективность работы отраслевых ресурсов, а, следовательно, и эффективности работы операторов связи может привести к принятию ошибочных стратегических решений.

Оценка рыночного потенциала позволит скорректировать сложившуюся эффективность работы отраслевых ресурсов с учетом стратегических перспектив. В данном случае под рыночным потенциалом рынка следует понимать тот необходимый объем увеличения числа точек доступа к информационным сетям, который позволит обеспечить экономически сбалансированное развитие российского инфокоммуникационного комплекса.

Для построения типологии регионов в данной работе использован метод экономико-математического моделирования, основанный на сочетании кластерного анализа и множественной регрессии. В качестве факторных переменных были выбраны показатели развития инфокоммуникационной инфраструктуры – стационарная телефонная плотность (СП), мобильная телефонная плотность (МП), а также плотность персональных компьютеров (ПК). В общем виде модель может быть представлена следующим образом:

$$\text{ДВРП} = a \cdot (\text{СП})^{b1} \cdot (\text{МП})^{b2} \cdot (\text{ПК})^{b3},$$

где a – эмпирический коэффициент; b_1, b_2, b_3 – коэффициенты эластичности; показывают, на сколько процентов изменится в среднем душевой валовый региональный продукт (ДВРП) с изменением соответствующего фактора на 1 % при неизменности действия других факторов.

Построению степенной модели предшествовала процедура линеаризации переменных, выполненная путем логарифмирования. Для решения использовался метод определителей. В результате для генеральной совокупности (77 регионов) получено следующее уравнение множественной регрессии:

$$\text{ДВРП} = 8409 \cdot \text{СП}^{0,812} \cdot \text{МП}^{(-0,241)} \cdot \text{ПК}^{0,211}.$$

Анализ построенного уравнения позволяет сделать вывод о том, что наибольший прирост ДВРП будет обеспечен при инвестировании в развитие фиксированной электросвязи. Учитывая высокую неоднородность развития региональной инфокоммуникационной инфраструктуры, полученные результаты целесообразно дополнить построением соответствующих уравнений множественной регрессии для более однородных групп (кластеров).

Наибольшее значение энтропии было получено при выполнении кластерного анализа методом Уорда, в качестве меры сходства использовался квадрат евклидова расстояния. Для определения количества кластеров, объективно существующих в генеральной совокупности, произведен расчет E-критерия. Резкое скачкообразное увеличение E-критерия наблюдается на 71 шаге объединения, следовательно, количество кластеров равно 6. Проведенный анализ результатов кластеризации показал, что из общей совокупности регионов особенно выделяются Республика Ингушетия, Самарская область и Чукотский автономный округ. Они образуют кластеры из одного объекта. Москва и Санкт-Петербург также объединяются в отдельный кластер. Уравнения множественной регрессии для заполненных кластеров представлены в таблице.

Анализируя уравнение множественной регрессии для кластера первого ранга можно сделать вывод, что наибольший прирост ДВРП будет наблюдаться при инвестировании средств в развитие фиксированной электросвязи, то есть при увеличении стационарной телефонной плотности. При инвестировании средств в развитие мобильной связи в регионах, относящихся к кластеру второго ранга, будет наблюдаться снижение ДВРП. Данному факту можно дать следующее объяснение. Поскольку регионы, относящиеся к данному кластеру, характеризуются очень высоким уровнем развития мобильной связи, то можно утверждать, что при дальнейшем увеличении плотности будет происходить привлечение «малоговорящих» абонентов, что отрицательно скажется на финансовых результатах деятельности сотовых компаний. В регионах же, принадлежащих кластеру третьего ранга, наибольший прирост ДВРП будет наблюдаться при инвестировании средств в развитие фиксированной электросвязи, то есть при увеличении стационарной телефонной плотности.

Группировка значений коэффициентов эластичности в уравнениях множественной регрессии по кластерам (рис. 2) позволяет принять оптимальное решение об инвестировании средств в развитие инфокоммуникации.

Анализ инвестиционных приоритетов на микроуровне, кроме расчета динамических показателей экономической эффективности (NPV, IRR, PI, DPBP) предполагает проектирование и расчет ценности реальных опционов (Real Options Value). Несмотря на то что теория реальных опционов (Real Options Theory) является новым направлением в области инвестиционного анализа, на сегодняшний день в мировой экономической литературе накоплено достаточно большое количество источников по ее теоретическому и практичес-

Многомерные регрессионные модели

Ранг кластера	Уравнение множественной регрессии
Первый	$\text{ДВРП} = 2,889 \cdot \text{СП}^{1,172} \cdot \text{МП}^{1,005} \cdot \text{ПК}^{0,333}$
Второй	$\text{ДВРП} = 252,03 \cdot \text{СП}^{1,562} \cdot \text{МП}^{(-0,023)} \cdot \text{ПК}^{0,193}$
Третий	$\text{ДВРП} = 1550 \cdot \text{СП}^{0,669} \cdot \text{МП}^{0,311} \cdot \text{ПК}^{0,175}$

кому применению. К классическим трудам, посвященным опционному подходу, без сомнения, можно отнести работы Ф. Блека и М. Шоулза, А. Дамодарана, Р. Мертона, Д. Муна, А. Диксита и Р. Пиндайка, Н. Кулатилака, Д. Ингерсолла и С. Росса, Л. Тригеоргиса и ряда других зарубежных исследователей. В нашей стране этот вопрос изучен меньше. Появление концепции реальных опционов обусловлено недостатками традиционного подхода к оценке эффективности, который предполагает пассивное управление проектом и не учитывает возникающих синергетических эффектов. Согласно традиционному подходу, все, что должен делать менеджер – это следить за тем, чтобы проект осуществлялся по заранее разработанному плану. Таким образом, из оценки инвестиционного проекта исключается способность менеджеров принимать в будущем решения, адекватные складывающейся ситуации.

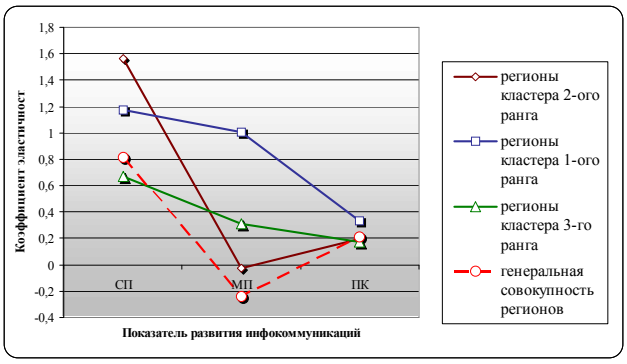


Рис. 2. Значения коэффициентов эластичности по кластерам

В противоположность традиционному методу, опционный подход учитывает управленческую гибкость, поскольку рассматривает инвестиционный проект как систему опционов. Гибкость, возможность изменить принятое решение в широком смысле слова имеет свою ценность. Чем больше таких возможностей содержится в проекте, тем большую ценность имеет и сам проект. Концептуально показатель чистой текущей стоимости ИП можно представить как сумму показателя NPV, рассчитанного согласно традиционной методике, и ценности заключенных в проекте управленческих опционов, что может быть представлено в виде следующей формулы:

$$NPV_{exp} = NPV_{tr} + ROV,$$

где NPV_{exp} (Expanded NPV) – расширенная чистая текущая стоимость ИП; NPV_{tr} (Traditional NPV) – чистая текущая стоимость, рассчитанная традиционным методом; ROV (Real Options Value) – ценность реальных опционов.

Существует достаточно большое количество методов и моделей оценки реальных опционов, большая часть которых предполагает использование достаточно сложного математического аппарата, в частности, стохастической математики, что затрудняет их использование на практике. Наиболее применимыми, с нашей точки зрения, являются биномиальный метод и модель Блека–Шоулза, подробно рассмотренные в [1]. Концепция реальных опционов позволяет количественно оценить имеющиеся в проекте возможности и тем самым включить их в оценку эффективности проекта. Следует отметить, что количественная оценка играет ключевую роль при принятии инвестиционного решения.

Предлагаемая в данной работе концептуальная модель предназначена для оценки инвестиционных приоритетов и предполагает выполнение анализа на нескольких уровнях. Исследование закономерностей развития в регионально-отраслевом разрезе предлагается осуществлять путем построения уравнений множественной регрессии. Это позволит провести позиционирование регионов. Анализ инвестиционных приоритетов на микроуровне рекомендуется осуществлять с использованием методического аппарата концепции реальных опционов. Все это, с точки зрения авторов, должно обеспечить принятие обоснованных инвестиционных решений и выбор оптимальных стратегий развития региональной инфокоммуникационной инфраструктуры.

Библиографический список

1. Сафонова, Л. А. Экономическая эффективность инвестиционных проектов. Методология и инструментарий оценки : монография / Л. А.Сафонова, Г. Н. Смоловик // Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2007. 160 с.

L. A. Safonova, G. N. Smolovik

CONCEPTUAL MODEL OF INVESTMENT PRIORITIES ESTIMATION IN THE INFORMATIONAL COMMUNICATION SPHERE

Conceptual model of investment priorities estimation is offered. It provides the analysis carrying out either at regional and branch focus or micro level. The model combines some methods of economical and mathematical modeling including cluster analysis and many-dimensional regression analysis. Estimating priorities or micro level it is recommended to use fundamentals and methodical tools of real options conception.

Keywords: investment priority, cluster, rating, risks, real option.

УДК 331.11

И. А. Стоянов

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛА ОРГАНИЗАЦИИ: СИНТЕЗ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ

Описаны некоторые типы поведения персонала и их влияние на производительность организации. Приводится несколько положений, позволяющих диагностировать тип поведения персонала и возможные пути управления этим поведением.

Ключевые слова: организационное поведение, мотивация, эффективность, производительность, лояльность, персонал.

Департамент управления человеческими ресурсами, или, что зависит от масштаба компании, отдел по работе с персоналом, призван решать ряд очень важных вопросов, связанных с персоналом организации. Одним из таких вопросов является выявление типа поведения сотрудника (не типа личности) и направление этого поведения в русло повышения производительности того или иного работника.

Существует мнение, что именно тип личности определяет успешность и производительность работника, поэтому при приеме на работу используется тест на проверку личностных качеств, в основе которого лежит предположение, что ответы на вопросы предскажут поведение человека в процессе выполнения работ, примерные показатели работы и позволят сделать прогноз его дальнейшего развития.

По нашему мнению, результат работы сотрудника в организации определяется его поведением и не зависит от личности. В процессе исследования был проведен ряд тестов руководителей высшего и среднего звена на предмет определения типа личности. Компании, вошедшие в исследование, отличались стабильными показателями успешного развития в течение ряда лет, а их руководители обладали разным типом личности и разными личностными характеристиками. Один из руководителей – застенчивый, спокойный, не демонстрирующий свой характер, другой – яркий лидер, обладающий харизматическими чертами и т. д. Тем не менее, все они добились хороших результатов в своей работе и работе компаний. Таким образом, можно резюмировать, что результативность не является следствием личностных качеств руководителя.

Отдавая должное факту, что в текущей реальности наш мир очень быстро изменяется и развивается, скажем, что работа не должна быть статичной и неизменной, иначе она не будет успешной и последствия не заставят себя долго ждать. На основе исследований, проведенных в разных странах, установлено, что личностные качества человека формируются к трехлетнему возрасту и после этого не изменяются. Но если человек не может изменить свои личностные качества, то изменить свою деятельность он может. Главным фактором, влияющим на продуктивность работы, является поведение работника. Классификация работников по типу личности представляет большой интерес, потому что вместо изучения огромного количества поведенческих характеристик можно ограничиться их небольшим набором.

Термин «личность» говорит нам о наборе характерных черт. Личность можно описать такими словами как «открытый, легко адаптирующийся, любознательный, гибкий, доминирующий, застенчивый» и т. д. Эти слова дают описание человека и показывают, как его воспринимают другие люди со стороны. Но эти общие черты далеко не всегда могут спрогнозировать поведение работника в той или иной ситуации. Когда разные сотрудники сталкиваются с одной и той же проблемой на работе, их реакции сильно различаются.

Множество руководителей службы персонала считают оправданным использование различных тестов. Сторонники тестов личности полагают, что благодаря им люди начинают задумываться о своем поведении, о поведении других людей и в результате повышают эффективность своего труда. С другой стороны, различные исследования в этой области показали, что менее 20 % людей склонны анализировать свое поведение и связывать его с эффективностью своей работы.

Основным мотивом в поведении человека на рабочем месте является рабочая ситуация, в которой он оказывается; важно и то, что по мере изменения ситуации человек изменяет поведение в зависимости от типа своей личности.

Описание типов личности – это, на наш взгляд, психологическая проекция. Черты личности не могут прогнозировать эффективность работы, потому что люди намного быстрее адаптируются к различным ситуациям, чем это предписано типами личности. Тесты личности не могут предсказать, как человек будет действовать в той или иной рабочей ситуации, и не делают этого.

Ключевым фактором здесь является поведение человека на рабочем месте. Оно зависит от требований, должностных инструкций, самой работы. В своем исследовании нами было задано несколько вопросов сотрудникам разных компаний о том, что больше всего оказывает влияние на результативность работы. Ответы работников с одинаковым типом личности были разными, что подтверждает тот взгляд, что люди каждый раз адаптируют свое поведение к рабочей ситуации.

Понимание своей личности позволяет работнику избрать поведение, при котором можно чувствовать себя наиболее комфортно. Личность показывает, как будет себя вести при прочих равных условиях, т. е. если бы не было требований к конкретной рабочей ситуации. Классификация типов личности дает работникам оправдание не адаптировать свое поведение к изменяющейся ситуации.

Если спросить работника о причинах, помешавших ему выполнить служебное задание, он может сказать, что в силу типа его личности не способен к точным операциям, что и отмечено в его резюме. Однако если от выполнения точной операции будет зависеть жизнь этого сотрудника, можно не сомневаться, что он сделает все и за короткий срок. Если работник будет постоянно избегать не нравящуюся ему, но необходимую для компании работу, он вряд ли научится ее выполнять. С другой стороны, если ему нравится что-то делать, он будет заниматься этим все больше. Этот процесс называется практикой, а практика, как известно, повышает результативность и эффективность труда. Одной из задач менеджмента организации, службы персонала как раз и является пояснение работнику того момента, что точную работу, не нравящуюся ему, выполнять необходимо в любом случае, так как от этого зависят его мастерство и продвижение по службе.

Эффективность действий работника определяется рабочей ситуацией. Эффективность в работе есть результат выполнения нужной работы в нужное время. Самое сложное здесь – определить, что является «нужным» в той или иной ситуации. Множество книг по менеджменту приводят сотни советов, но из опыта можно заключить, что нет простого списка типов поведения, который использовали бы успешные руководители и работники в своей работе. Все пути, которыми добиваются успеха – разные. Изучение личностных качеств эффективных работников не выявило корреляции между каким-то определенным набором черт и достижением успеха. Основная тому причина – это изменчивость рабочих ситуаций. Попытка определить список моделей поведения, результатом применения которого будет успешная работа, сталкивается с сотнями факторов, отличающих одну работу от другой. Делать работу или играть рабочую роль означает выполнять определенные функции. У всех видов работ есть свои поведенческие требования, необходимые для эффективного их выполнения. Для каждого вида деятельности – свой набор этих требований. Модели поведения отличаются одна от другой, поэтому для эффективного и успешного выполнения работы надо иметь четкое представление о поведении, приводящем к повышению производительности труда, а не к ее снижению.

Можно образно представить зону поведения и зону требований к рабочей ситуации в виде двух областей. Чем больше наложение этих областей друг на друга, тем о большей производительности работника мы можем говорить.

Повышение производительности означает пересмотр поведения в настоящий момент и определение того, что и как надо изменить в своем поведении, чтобы соответствовать требованиям работы. Те работники, которые не могут адаптироваться к новой работе или изменению функций текущей работы, обречены на низкую производительность. Это можно подтвердить тем фактом, что если компания не будет следовать нога в ногу с развитием своего сегмента рынка, не будет внедрять инновации в работу, то в скором времени такую компанию ожидает крах.

Как же заставить работника изменить свое поведение таким образом, чтобы повысилась производительность его труда? Само по себе решение изменить поведение исходит либо из стремления к идеалу, либо при нахождении в критической ситуации. Сотрудник никогда не изменит поведение, если его не принудят к этому обстоятельства. Некоторые изменения в поведении могут быть случайны, но в большинстве своем они происходят из той модели, когда изменение поведения приветствуется руководством или наоборот, наказывается. Можно сказать, что поведение модифицируется последствиями, ощущаемыми на себе работником.

Любое изменение поведения ведет к повышению производительности труда. Сотрудники не будут что-то менять, если это ведет к снижению производительности. Здесь можно отметить, что увеличение производительности может быть резким или непрерывным. Первый вид носит радикальный характер и связан с большим уровнем потерь, второй ведется постоянно и заключается в улучшении показателей работы. Повышение производительности труда сконцентрировано непосредственно на сотруднике, на том, что он может сделать и что может изменить, а также на том, что находится в диапазоне его контроля.

Повышение производительности основывается на том факте, что сотрудник осознает, что он делает в текущий момент времени. Главный вопрос заключается в том, что руководство, не зная, чем занимаются работники, имеет четкое представление о том, что хотело бы получить в качестве результата, т. е. хочет видеть результат, но не занимается процессом. Но, по рангу, руководство дает советы и наставления, как и что делать персоналу, в результате – неудовлетворение и работником, и результатом. Вместо того чтобы разобраться в работе, руководство часто проецирует на нее свои чувства, желания и опыт, без какой-либо адаптации к конкретным условиям. Проблема в том, что все работы разные и столь же различен характер их исполнения.

Одним из главных моментов в изменении поведения работника является создание такой ситуации, в которой работник сам станет инициатором перемен. Если сотрудникам навязывать изменения, то успеха можно и не достичь, ведь люди приходят на работу со своими мыслями, своим видением возможного развития рабочей ситуации и стараются делать то, что удовлетворяет их желания, а не желания руководства компании. Задача отдела персонала, руководства как раз и заключается в оценке ситуации и ее моделировании. Существует два типа «отношения» руководства к работникам: учитывающее их мнение или игнорирующее его. В первом случае мы видим картину, когда все изменения навязываются сверху без должной адаптации к рабочему процессу и как результат – происходит блокирование изменений, приводящее к снижению производительности. Во втором случае руководство ожидает предложений от работников, осознавая, что никто кроме них не знает, как лучше организовать работу.

Для повышения производительности предприятия руководству необходимо сфокусироваться на действиях работников, на разновидностях их поведения. Речь идет не о разных стилях поведения, а о специфических вещах, которые делают люди, и решениях, которые они прини-

мают. Одной из проблем понятия стиля – стиля лидерства, управления, поведения – является то, что описание стилей выглядит как описание типов личности. Например, пункт «ориентация на людей» описывает отношение, но какое поведение надо продемонстрировать, чтобы была видна эта ориентация? Для того чтобы увидеть перемены, надо уметь измерять поведение. Иначе, если вы ставите перед работником задачу что-то изменить в своей работе, например, стать более доброжелательным к клиентам, вы не сможете проконтролировать ее выполнение. Для изменения поведения сотрудников у руководства должны быть четко сформулированные цель и критерии поведения в текущий момент – то, на чем можно строить стратегию повышения производительности. Им будет необходима детальная карта поведения.

Производительность является результатом применения комбинации некоторых видов поведения руководителя: направленного на поддержание производительности или на ее повышение. Обе формы поведения могут проявляться по-разному и выражаться в сосредоточении на действии, человеке или системе, а также их комбинации.

Поведение руководителя, ориентированное на действие в целях повышения производительности, включает проявление инициативы, личный пример, создание энтузиазма и энергии. Если же необходимо поддерживать производительность, поведение включает четкую постановку задачи, согласование целей и преданность им, мониторинг производительности на фоне поставленных целей, внимание на подробностях, контроль соблюдения графика работ.

Поведение руководителя, ориентированное на человека, необходимое для повышения производительности, включает распределение обязанностей и создание доверия, крепких взаимоотношений внутри команды, преданности целям и интересам организации. Если необходимо поддерживать производительность, поведение руководителя характеризуется созданием культуры помощи, поддержки, лояльности и чувства «семьи» на работе, а также обеспечением достойного отношения к людям.

Поведение руководителя, ориентированное на систему, необходимое для повышения производительности, включает создание эффективной структуры и инфраструктуры, получение от систем, процессов и процедур дополнительной прибыли, координацию деятельности отдельных людей и групп, интегрирование результатов различных команд, отделов и подразделений, поддержание долгосрочного стратегического мышления. Если необходимо поддерживать производительность, поведение руководителя должно обеспечивать непрерывность процесса, предсказуемость, рациональность и стабильность. Оно также включает создание рамок, в пределах которых работает организация: коммуникационная сеть, производственные процессы, финансовые системы и системы контроля, определение работ и ролей, компенсационные системы, процедуры закупки, системы распределения и т. д.

Известно, что некоторые действия повышают производительность труда, другие поддерживают ее; есть и третий тип, который ее снижает. Это поведение, которое мешает переменам, разрушает видение и препятствует достижению поставленных целей и задач. Такое поведение называется блокирующим производительность. Мы являемся свидетелями того, что люди часто ведут себя именно так, и сами этому подвержены, но о таком типе поведения говорят только в принципе и не сосредоточивают на нем внимания. Однако результаты могут быть разрушительными для производительности компании, это, например, такое явление, как сотрудники, которые «бросают работу».

Причиной блокирующего поведения выступают внешние причины и влияния, оно не связано с личностью, а проявляется в результате фрустрации, неопределенности, тревожности, угрозы, унижения, недостатка власти или контроля. Самым отрицательным аспектом блокирующего поведения является не то, что группа людей в организации будет попусту тратить время и силы, выполняя непродуктивную или контрпродуктивную работу, а то негативное влияние, которое такое поведение оказывает на других. Блокирующее поведение в высшей степени заразно.

Блокирующее поведение почти всегда коррелирует с чувством утраты или недостатка власти и контроля. Поведение, в результате которого люди чувствуют себя униженными, ненужными, невостребованными, вызывает реакцию, резко отвлекающую внимание и энергию от продуктивности и созидания. Страх, неопределенность и фрустрация – это негативные мотиваторы.

Причины блокирующего поведения могут быть внешними, но их лечение – внутреннее дело человека. Он сам должен понять, что делает его поведение блокирующим, и попытаться справиться с причиной. Избавиться от причины болезни намного эффективнее, чем лечить ее симптомы. Проявление блокирующего поведения понять можно; продолжать его после того, как вы поняли, что происходит, считается непростительным.

Поведение, блокирующее производительность работника, является реакцией на ту или иную угрозу. В рабочей обстановке это может быть угроза самооценке работника, компетенции, знаниям и способностям, репутации и т. д. Реакция может быть связана с какой-то утратой и проявляться в борьбе, уходе или подчинении.

Если в поведении, связанном с повышением и поддержанием производительности труда, личность имеет незначительное влияние, то в определении типов блокирующего поведения роль ее значительна, особенно в случае наличия какой-либо угрозы.

Такой тип блокирующего поведения как защитно-агрессивное, в основном является следствием посягательства на самооценку человека. Оно может вызвать долговременные серьезные последствия. Защитно-агрессивное поведение – это часто смещенная агрессия. Оно также может быть реакцией на давление сверху, оказываемое с целью повышения производительности, или на критику неадекватной производительности, идущей снизу, или быть результатом заданного высокого стандарта, который другие достичь не могут. Однако какой бы ни была причина фрустрации, проявления злости или раздражения только снижают производительность. Подобно избалованным детям, сотрудники, упорно проявляющие оборонительно-агрессивное поведение, знают, что не будут наказаны за это, так как понимают, что никто не встанет и не выступит против них, не скажет, как их поведение воспринимается другими людьми и какими будут результаты.

Главной причиной другого типа блокирующего поведения – поведения, избегающего конфликтов, является понимание конфликтной ситуации как выигрышной или проигрышной, с ожиданием при этом с высокой вероятностью проиграть. Этот тип поведения фокусируется на том, как избежать противоречий, риска, не вызывать отрицательного мнения окружающих, не высказывать людям негативного мнения об их работе, не выступать с конструктивной критикой и вообще пытаться направить соглашение к тем точкам зрения и решениям, которые приняли другие, реальными или нет эти решения являются. Людям, работающим с коллегами, проявляющими такое поведение, может быть очень трудно. Они так и не узнают реального решения; не услышат честного мнения; не получат адекватной обратной связи. Они просто не знают, где находятся, и от этого боятся, расстраиваются и часто злятся. А это все является причиной дальнейшей пустой траты энергии.

Главной причиной еще одного типа блокирующего поведения, проявляющегося в уклонении от ответственности, является боязнь критики или наказания за допущенную ошибку. Организации, наказывающие персонал за ошибки, имеют непропорционально высокий процент людей, которые проявляют такой тип поведения. Поведение, связанное с уклонением от ответственности, является реакцией на стресс, угрозу, неопределенность и фрустрацию. Оно отдаляет человека от источника дискомфорта, что проявляется в уходе в себя, снижении участия в спорах, очевидной утрате интереса. Люди, имеющие опыт такого поведения, учатся быть незаметными, иногда до крайней степени. Это поведение хамелеона, который сливается с фоном и уходит от потенциального риска. Такое поведение в основном является отражением менеджмента, при котором к людям проявляют мало уважения, или менеджмента нерешительного и легко меняющего свои позиции, или менеджмента, который критикует и наказывает за ошибки, другими словами, просто плохого менеджмента.

Блокирующее поведение персонала обходится организации очень дорого. Энергия, потраченная на блокирующее поведение, – это та энергия, которую можно было направить на повышение производительности труда или ее поддержание. Из-за своей инфекционной природы блокирующее поведение создает волны, расходящиеся по всей организации.

Если руководитель организации хочет изменить блокирующее поведение своих сотрудников, самое лучшее – это прислушаться к мнению людей, работающих в отделе персонала, которые диагностировали такое поведение с помощью специальных анкет.

Любая дискуссия о непрерывном повышении производительности труда должна касаться вопроса мотивации. Основной принцип изменения поведения заключается в том, что люди меняются, потому что хотят этого, а не потому, что этого хочет кто-то. Почему же они хотят перемен?

Существует много ошибочных представлений о мотивации, например, что она является чертой личности, т. е. она или есть, или ее нет; есть мнения, что мотивацией являются деньги, или что люди получают мотивацию от волнующего их сообщения (тут все зависит от того, кто передает это важное для них сообщение).

Мотивация – это желание направить свою энергию на достижение цели. Чем выше мотивация, тем больше энергии вы готовы затратить. Мотивация – это не черта личности. Она свойственна каждому. Понять мотивацию человека сложно, так как выполнение одного и того же действия может иметь разные мотивы. Когда мы говорим, что у кого-то нет мотивации, мы имеем в виду, что у него нет мотивов делать то, что мы считаем, он должны делать. Логика и мотивация имеют очень слабую связь. Чаще, чем нам кажется, мотивация к действиям основана на эмоциях, а не на логике. Ошибочность идеи о том, что логический аргумент может создавать мотивы к действиям, основана на предположении, что процесс мышления у всех один и тот же и если мы видим что-то как логическое, то и другие видят это так же.

Что касается внешних стимулов, таких как зарплата, премия, льготы (или даже негативные стимулы – угрозы), огромное количество исследований свидетельствует о том, что они оказывают незначительное влияние на усилия или производительность труда, или вообще его не оказывают. Мотивация – это скорее внутреннее состояние, чем то, что один человек делает для другого. У людей есть мотивация сделать что-то, когда они этого хотят, а когда они этого хотят, они сделают все без подсказки. Мотивация может появляться и исчезать. Есть дни, когда мы в высшей степени мотивированы на действия, и дни, когда хочется только отдыхать. Мотивация исходит из того, что мы есть, кем мы хотим быть, что нам надо и что доставляет нам удовольствие от работы, поэтому зависит от человека и от цели.

Оплата и вознаграждение извне достаточны, чтобы убедить человека проводить время в организации, но их недостаточно, чтобы убедить его отдавать все для достижения целей компании. Мотивация исходит от таких факторов, как вызов, признание достижения, чувство важности и возможность сделать значимый вклад. Выплаты и льготы только компенсируют затрату времени; они не порождают ни инициативы, ни продвижения вперед.

Существует крепкая связь между мотивацией и поведением. Мы делаем что-то, когда это доставляет нам удовольствие или хорошо оплачивается, и мы прекращаем или избегаем что-то делать, когда нет оплаты, когда нам это не нравится или неприятно. Мы считаем, что то, что доставляет удовольствие и дает оплату, является мотивирующим, и делаем это в большом объеме. Поэтому если посмотреть на доминирующее, повторяющееся поведение, можно сделать вывод, что это как раз и есть то, что мотивирует людей к деятельности. Чем больше из этого мы интегрируем в работу, тем больше мотивации оно принесет.

Многими исследованиями доказывается: что менеджеры ожидают от подчиненных и то, как они проецируют эти ожидания, отражается на поведении и производительности персонала компании.

Мотивационная динамика ожиданий включает самооценку, чувство достижения и другие моральные вознаграждения. Так как люди реагируют достаточно чувствительно на ожидания, очень важно, чтобы те, кто о них пишет и говорит, сами верили в них. Мы чаще сообщаем

людям о неблагоприятных ожиданиях, чем о хороших, и это им мало нравится. И мы также не понимаем того, что те ожидания, которые нам кажутся неразумными, не будут мотивирующими, они, скорее, будут производить обратный эффект, эффект блокирующего поведения.

Изменение поведения помогает определить, что мотивирует работников и руководителей.

Первый вопрос, который следует задать: что вы делаете в данное время, чтобы справиться с работой?

Второй вопрос (в терминах мотивации): нравится ли вам, что вы делаете, и доставляет ли это вам удовольствие? Если это не так, очевидно, у человека нет для этого никаких мотивов.

Третий вопрос: что вы должны делать, чтобы быть более эффективным на работе? Этот вопрос поднимает главную проблему: является ли нынешняя работа человека мотивирующей для него.

Если то, что вы должны делать, все еще не приносит вам удовольствия и не дает вам вознаграждения, то найдите такую работу, которая предоставит вам это.

На современном этапе развития кадровой службы одной из ее прямых задач является диагностика и управление поведением персонала организации. Чем полнее будет проведена диагностика поведения и совместно с менеджментом организации предприняты конкретные шаги, направленные на поддержание и повышение производительности работы персонала, тем быстрее организация добьется успехов в достижении поставленных целей.

I. A. Stoyanov

EFFICIENCY OF THE STAFF WORK ORGANIZATION: SYNTHESIS OF ORGANIZATIONAL BEHAVIOUR

Several types of workers behavior and their influence on the productivity in organization are described. A number of issues which makes it possible to determine the type of staff behavior and possible ways to control this behavior are presented.

Keywords: organization behavior, motivation, efficiency, productivity, loyalty, staff.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аврамчикова Надежда Тимофеевна – кандидат экономических наук, профессор кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Саратовский экономический институт в 1971 г. Область научных интересов – региональная экономика, статистика. E-mail: avramchikova@sibsau.ru.

Ананьин Николай Николаевич – ассистент кафедры топливообеспечения и горючесмазочных материалов Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – машиноведение, трение, износ и смазка. E-mail: labsm@mail.ru.

Бадмаева Ксения Владимировна – научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – хранилища данных. E-mail: ksenya@icm.krasn.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.

Беллер Роман Валерьевич – аспирант кафедры международных экономических отношений Института экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный университет в 2005 г. Область научных интересов – стратегический менеджмент, анализ и разработка конкурентной стратегии. E-mail: beller1@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.

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.

Варочкин Сергей Сергеевич – аспирант кафедры автоматизированной обработки информации Сибирского федерального университета. Окончил Сибирский федеральный университет в 2007 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, восстановление стохастических зависимостей. Тел. 8-913-550-74-49.

Васильев Евгений Николаевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1979 г. Область научных интересов – теплофизика, математическое моделирование. E-mail: ven@icm.krasn.ru.

Вейсов Евгений Алексеевич – кандидат технических наук, профессор, проректор по информатизации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Казанский авиационный институт в 1970 г. Область научных интересов – вычислительные процессы, распределенные вычислительные системы. E-mail: veisov@sibsau.ru.

Винтураль Константин Петрович – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2001 г. Область научных интересов – тензорный анализ сетей связи нового поколения. E-mail: vkp2004@mail.ru.

Вишневская Елена Александровна – ассистент Политехнического института Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – машиноведение, трение, износ и смазка. E-mail: lena_00108@mail.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.

Гончарова Елена Анатольевна – аспирант Института физики имени Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Сибирский федеральный университет в 2008 г. Область научных интересов – наночастицы, фуллерены. E-mail: log85@mail.ru.

Горбунов Михаил Александрович – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 2008 г. Область научных интересов – управление инвестициями, финансовый анализ. Тел. (391)291-91-41.

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: gorkolya@mail.ru.

Гостева Ольга Валерьевна – старший преподаватель кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1987 г. Область научных интересов – проектный менджмент. E-mail: iuna77@mail.ru.

Гречников Федор Васильевич – доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе Самарского государственного аэрокосмического университета, член-корреспондент Российской академии наук. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1973 г. Область научных интересов – металлофизика, механика деформирования твердого тела. Тел. (846)267-43-02.

Григорьев Алексей Владимирович – кандидат экономических наук, заведующий кафедрой международных экономических отношений Института экономики, управления и природопользования Сибирского федерального университета. Окончил Московский государственный университет в 1978 г. Область научных интересов – теория экономической информации. Тел. (391)243-55-51.

Григорьев Юрий Михайлович – доктор физико-математических наук, действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), заведующий кафедрой теоретической физики Якутского государственного университета имени М. К. Амосова. Окончил Якутский государственный университет в 1981 г. Область научных интересов – механика, теоретическая физика, математическое моделирование. E-mail: grigyum@yandex.ru.

Гриценко Сергей Николаевич – старший преподаватель Сибирского федерального университета. Окончил Красноярское высшее командное училище радиоэлектроники ПВО в 1985 г. Область научных интересов – анализ надежности структурно-сложных систем. Тел. 8-908-010-23-60.

Дамов Михаил Витальевич – аспирант 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 – обработка и восстановление видеопоследовательностей, реконструкция изображений, распознавание образов. E-mail: damov_mv@sibsau.ru.

Даниленко Виктор Сергеевич – аспирант Института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – машиноведение, трение, износ и смазка. E-mail: labsm@mail.ru.

Данилова Альбина Сергеевна – преподаватель Аэрокосмического колледжа Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2005 г. Область научных интересов – экономика, менеджмент. E-mail: danilovi2008@yandex.ru.

Деревянко Виктор Валерьевич – кандидат физико-математических наук, инженер Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1998 г. Область научных интересов – теплофизика, математическое моделирование. E-mail: ws@icm.krasn.ru.

Дмитриева Алена Владимировна – студент финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – стандартизация и сертификация. E-mail: kiss_777_86@mail.ru.

Доронин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский институт цветных металлов и золота в 1985 г. Область научных интересов – конструкционная прочность, механика разрушения. E-mail: s.doronin@gmail.com.

Доррер Михаил Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Красноярскую государственную технологическую академию в 1994 г. Область научных интересов – системный анализ, имитационное моделирование экономических систем. E-mail: mdorrer@fait/krs.ru.

Ереско Владимир Сергеевич – студент Сибирского федерального университета. Область научных интересов – автоматизированное проектирование электронных средств. E-mail: wer125@list.ru.

Жирнова Екатерина Александровна – кандидат философских наук, доцент кафедры управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2002 г. Область научных интересов – менеджмент качества. E-mail: kasyl@yandex.ru.

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@.pambler.ru.

Игнатова Татьяна Александровна – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Кузбасский политехнический институт в 1976 г. Область научных интересов – малое предпринимательство, региональная экономика. E-mail: ignatova@ksc.kras.ru.

Исакова Виктория Гавриловна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института физики имени Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук. Окончила Новосибирский электротехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – неорганическая химия, платиновые металлы, синтез, наноматериалы, биологически активные вещества, водорастворимые производные. Тел. (391)249-44-76.

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.

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 имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей. E-mail: saor_karaseva@sibsau.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.

Ковалькова Валентина Петровна – инженер кафедры технической физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – газоплазменное напыление, покрытие с заданными свойствами, синтез наноматериалов.

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.

Когут Алексей Тарасович – кандидат технических наук, доцент Омского государственного университета путей сообщения. Окончил Омский институт инженеров железнодорожного транспорта в 1972 г. Область научных интересов – управление, вычислительная техника и информатика. E-mail: nat_bb@mail.ru.

Колесов Константин Валерьевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – надежность программного обеспечения в информационных технологиях. E-mail: kotyan@mail.ru.

Косолапов Дмитрий Васильевич – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Сибирский федеральный университет в 2006 г. Область научных интересов – конструкционная прочность, механика разрушения. E-mail: dmitrikos@gmail.com.

Кручинин Михаил Александрович – соискатель кафедры организации производства Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – управление предприятиями энергетики. E-mail: gulnara2003@ngs.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.

Кузоватов Игорь Анатольевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета. Окончил Новосибирский государственный университета в 1985 г. Область научных интересов – дифференциальные уравнения, вычислительные методы, математическое моделирование физических процессов. Тел. (391)221-58-56.

Курзюкова Фаина Васильевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры социального и проектного управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1985 г. Область научных интересов – управление проектами. E-mail: kuzz1@mail.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.

Лукиных Валерий Федорович – кандидат физико-математических наук, доцент, декан факультета международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – логистика и экономика регионов. E-mail: somcl@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.

Масаев Сергей Николаевич – аспирант Сибирского государственного технологического университета. Окончил Государственный университет цветных металлов и золота в 2006 г. Область научных интересов – системный анализ, экономика. E-mail: fabery@rambler.ru.

Медведев Алексей Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Кемеровский государственный университет в 1984 г. Область научных интересов – экономико-математическое моделирование, инвестиционный анализ, динамическая оптимизация. Тел. (391)291-91-41.

Минаков Андрей Викторович – старший преподаватель кафедры теплофизики Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – численное моделирование, теплофизика, гидродинамика. E-mail: tov-andrey@yandex.ru.

Надыров Эльдар Альбертович – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета

имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Уфимский государственный авиационный технический университет в 2007 г. Область научных интересов – экономика, инновации, финансы. E-mail: led-198400@mail.ru.

Некрасов Александр Сергеевич – студент Сибирского федерального университета. Область научных интересов – электроника и электротехника. E-mail: predator_k26@mail.ru.

Непомнящий Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией микропроцессорных систем Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1992 г. Область научных интересов – микропроцессорные системы, моделирование вычислительных систем. E-mail: olegn_68@mail.ru.

Носова Екатерина Александровна – кандидат технических наук, доцент, заместитель декана инженерно-технологического факультета Самарского государственного аэрокосмического университета. Окончила Самарский государственный аэрокосмический университет в 1999 г. Область научных интересов – металловедение цветных и легких сплавов. E-mail: eanosova@mail.ru.

Оборина Людмила Ивановна – инженер-менеджер фирмы «Союз». Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2001 г. Область научных интересов – менеджмент качества, технологическое обеспечение качества. Тел. (391)220-94-56.

Осипенко Николай Иванович – инженер ОАО «Красмаш». Окончил Красноярский государственный технический университет в 2001 г. Область научных интересов – менеджмент качества, управление персоналом.

Пахирка Андрей Иванович – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – обработка и распознавание изображений, локализация лиц, система видеонаблюдения. E-mail: pahirka@sibsau.ru.

Плотникова Татьяна Николаевна – кандидат технических наук, доцент Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета. Окончила Новосибирскую государственную академию строительства в 1996 г. Область научных интересов – региональная экономика. Тел. 8-905-086-56-86.

Пономарев Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой сетей и систем связи Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет. Область научных интересов – тензорный анализ сетей связи нового поколения. E-mail: kafaes@krasmail.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.

Розанов Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1971 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов. E-mail: braverman-vladimir@rambler.ru.

Русаков Геннадий Николаевич – врач-хирург, заведующий хирургическим отделением Абаканской городской больницы. Окончил Красноярский государственный университет в 2005 г. Область научных интересов – региональная экономика, социально-экономические процессы. Тел. 8-908-325-11-95.

Савельева Оксана Григорьевна – кандидат технических наук, инженер отдела бюджетирования и финансового анализа планово-финансового управления Самарского государственного аэрокосмического университета. Окончила Самарский государственный аэрокосмический университет в 2006 г. Область научных интересов – металловедение легких сплавов. E-mail: diop@ssau.ru.

Сарафанов Альберт Викторович – доктор технических наук, проректор по информатизации Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1986 г. Область научных интересов – методы комплексного математического моделирования физических процессов, протекающих в радиоэлектронных средствах. E-mail: lad@sfu-kras.ru.

Саунин Виктор Николаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры технической физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1973 г. Область научных интересов – газоплазменное напыление, покрытие с заданными свойствами, синтез наноматериалов.

Сафонова Лариса Александровна – кандидат экономических наук, декан инженерно-экономического факультета, профессор кафедры производственного менеджмента и маркетинга Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончила Новосибирский электротехнический институт связи в 1974 г. Область научных интересов – инвестиционный анализ, оценка эффективности развития телекоммуникационного комплекса. E-mail: larisa@neic.nsk.su.

Смоловик Галина Николаевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры региональной экономики Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончила Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. Область научных интересов – инвестиционный анализ, оценка эффективности развития телекоммуникационного комплекса. Тел. (383)269-82-91.

Стоянов Иван Александрович – старший научный сотрудник кафедры экономической теории и управления Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 1997 г. Область научных интересов – управление предприятием. E-mail: john777@mail333.con.

Телегин Сергей Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры технической физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский институт космической техники в

1989 г. Область научных интересов – газоплазменное напыление, покрытие с заданными свойствами, синтез наноматериалов.

Томашевич Евгений Владимирович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – физикохимия поверхности. Тел. (391)249-48-85.

Трегубов Сергей Иванович – доцент Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1973 г. Область научных интересов – автоматизированное проектирование электронных средств. E-mail: wer125@list.ru.

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. (391)291-92-14.

Туркенич Роман Петрович – начальник управления информационного обеспечения ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1967 г. Область научных интересов – информационное обеспечение НИОКР, патентно-лицензионная деятельность. Тел. 8(391-97)5-46-17.

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.

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.

Хегай Юрий Александрович – кандидат экономических наук, профессор, заместитель декана факультета управления и бизнес-технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – экономика и управление на автотранспортном предприятии. E-mail: kafedra423@yandex.ru.

Царев Михаил Юрьевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Норильский индустриальный институт в 2007 г. Область научных интересов – информационные технологии, методы и средства повышения надежности и реализации отказоустойчивости информационно-управляющих систем. E-mail: makitaki@inbox.ru.

Царев Роман Юрьевич – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – информационные технологии, методы и средства повышения надежности и реализации отказоустойчивости информационно-управляющих систем. E-mail: rahatamatahata@mail.

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.

Чудаев Дмитрий Анатольевич – аспирант 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 – экономика, инновации, политика. E-mail: blacklllch@rambler.ru.

Чурилов Григорий Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией Института физики имени Л. В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – синтез и исследования нанодисперсных веществ, генерация плазмы токами высокой частоты, спектроскопия и водородная энергетика. E-mail: churilov@iph.krasn.ru.

Шайдуров Владимир Викторович – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, директор Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – нанотехнологии, вычислительное моделирование. E-mail: shidurov@icm.krasn.ru.

Шамлицкий Ярослав Иванович – кандидат технических наук, директор по качеству ОАО «Красноярский завод холодильников „Бирюса“». Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2000 г. Область научных интересов – системный анализ, управление и обработка информации. E-mail: Yaroslav@biryusa.ru.

Шевчук Сергей Федорович – старший преподаватель Норильского индустриального института. Окончил Черновицкий государственный университет в 1998 г., Норильский индустриальный институт в 2004 г. Область научных интересов – информационные технологии, методы и средства повышения надежности и реализации отказоустойчивости информационно-управляющих систем, анализ и синтез образовательного процесса.

Шилов Андрей Сергеевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2008 г. Область научных интересов – обработка и распознавание изображений, сопровождение объектов, системы видеонаблюдения. E-mail: shilovas@sibsau.ru.

Шурдукалов Илья Владимирович – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный аграрный университет в 2004 г. Область научных интересов – экономи-

ка и инвестиционная деятельность в строительстве. E-mail: shurdu@mail.ru.

Янкин Станислав Сергеевич – аспирант Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2007 г. Область научных интересов – коммерция в сфере оказания банковских услуг. E-mail: yankin_stas@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА 3

Шайдуров В. В., Непомнящий О. В., Вейсов Е. А. Построение математической модели преобразователя ультразвукового сигнала с целью практической реализации микропроцессорной системы сканирования высокотемпературных изделий 4

Васильев Е. Н., Деревянко В. В. Программный комплекс для расчета температурных полей панелей космических аппаратов негерметичного исполнения 8

Туркенич Р. П. Структурно-методологическое совершенствование информационного обеспечения процессов создания изделий космической техники 14

Сарафанов А. В., Ереско В. С., Фень А. М., Трегубов С. И., Некрасов А. С. Проблемы сквозного проектирования печатных узлов для изделий электронных средств 19

Доронин С. В., Косолапов Д. В. Моделирование напряженно-деформированного состояния и оценка ресурса при ударно-циклическом нагружении 23

Когут А. Т. Исследование устойчивости систем с приближенными алгоритмами траекторного управления одним классом объектов 27

Горяшин Н. Н. Анализ эффективности использования резонансных режимов в импульсных высокочастотных преобразователях напряжения 32

Лапко А. В., Лапко В. А., Варочкин С. С. Коллектив непараметрических регрессий, основанный на декомпозиции обучающей выборки 38

Славин В. С., Кузоватов И. А., Минаков А. В. Применение разностной схемы экспоненциальной подгонки для численного моделирования нестационарных процессов, протекающих в канале линейного МГД-ускорителя 41

Чалкин Т. А., Волощук К. М. Разработка алгоритма построения узлов замен алгоритма шифрования ГОСТ 28147–89 46

Колесов К. В. Использование метода диакоптики для анализа надежности программного обеспечения 51

Карасева М. В., Зеленков П. В. Реализация модуля поиска информации на основе использования мультилингвистических тезаурусов 54

Ковалев П. В., Лайков А. Н., Гриценко С. Н. Определение надежности мультиверсионного программного обеспечения с использованием методов анализа сетей 56

Бадмаева К. В. Алгоритм оценки релевантности представлений для материализации в специализированном хранилище данных 60

Винтураль К. П., Пономарев Д. Ю. Анализ вероятностно-временных характеристик сети по доставке контента 64

Фаворская М. Н., Пахирка А. И., Шилов А. С., Дамов М. В. Методы поиска движения в видеопоследовательностях 69

Царев М. Ю., Царев Р. Ю., Шевчук С. Ф. Модификация GERT-сети для анализа временных характеристик сетевых моделей 74

РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ 79

Крушенко Г. Г. Ультрадисперсный алюминий – высокоэнергетическое топливо 80

Саунин В. Н., Телегин С. В., Ковалькова В. П. Квазикристаллы, перспективы применения, способ получения 84

Гречников Ф. В., Носова Е. А., Савельева О. Г. Влияние термической обработки на деформацию отдельных фаз в сплавах АМг10 и Д16 87

Гончарова Е. А., Исакова В. Г., Томашевич Е. В., Чурилов Г. Н. Получение водорастворимых полигидроксилированных фуллеренов с использованием наночастиц железа в качестве катализатора 90

Даниленко В. С., Ковальский Б. И., Безбородов Ю. Н., Малышева Н. Н., Вишневская Е. А.
Метод определения термоокислительной стабильности смазочных материалов 93
Даниленко В. С., Ковальский Б. И., Вишневская Е. А., Безбородов Ю. Н., Ананьин Н. Н.
Метод исследования термоокислительной стабильности моторных масел при циклическом
изменении температуры испытания 97
Браверман В. Я., Белозерцев В. С., Розанов О. В. Экспериментальные исследования зависимости
рентгеновского излучения от положения луча относительно стыка при электронно-лучевой сварке 100

РАЗДЕЛ 3. ЭКОНОМИКА 105

Надыров Э. А., Чудаев Д. А. Проблемы кредитования инновационных производств 106
Курзюкова Ф. В., Гостева О. В. Особенности менеджмента проектов
на проектно-ориентированных предприятиях 110
Осипенко Н. И., Трифанов И. В., Оборина Л. И. Мотивация и управление персоналом
как неотъемлемая часть системы менеджмента качества 114
Лукиных В. Ф. Логистические цепи поставок в аэрокосмической отрасли 117
Аврамчикова Н. Т. Теоретические основы формирования поляризованного пространства
и диффузии нововведений в экономике региона 120
Дмитриева А. В., Жирнова Е. А., Шамлицкий Я. И. Порядок оценки и мотивация поставщиков
ОАО «Красноярский завод холодильников „Бирюса“» 124
Плотникова Т. Н., Русаков Г. Н. Здравоохранение, социальная эффективность,
закономерности и тенденции 129
Горбунов М. А., Медведев А. В. Комбинирование оптимизационного и имитационного
подходов при оценке и анализе проектов реальных инвестиций 134
Игнатова Т. А. Институциональная среда малого предпринимательства
в повышении конкурентоспособности экономики 138
Шурдукалов И. В. Методология адаптивного управления строительной организацией 143
Кручинин М. А. Формирование и реализация инновационной политики предприятия энергетики 145
Янкин С. С. Сфера банковских услуг на селе: совершенствование управления 149
Григорьев А. В., Беллер Р. В. Перспективы развития производства
высокочистого кремния в Российской Федерации 152
Данилова А. С. Оценка эффективности использования ресурсного потенциала
торгового предприятия малого бизнеса 157
Хегай Ю. А. Реализация задач логистического менеджмента при управлении автомобильными
перевозками с применением глобальных информационных технологий 161
Масаев С. Н., Доррер М. Г. Методика оценки системы управления компанией
на основе адаптационной корреляции к внешней среде 166
Пыжикова Н. И. Эффективность использования ресурсосберегающих технологий
в аграрно-промышленном комплексе Красноярского края 171
Калягина Л. В., Пыжикова Н. И. Факторы устойчивого развития агроэкономической системы 175
Сафонова Л. А., Смоловик Г. Н. Концептуальная модель оценки инвестиционных приоритетов
в сфере инфокоммуникаций 181
Стоянов И. А. Эффективность работы персонала организации:
синтез организационного поведения 186

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 191

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS 3

Shaidurov V. V., Nepomnyashy O. V., Veisov E. V. Mathematical modeling of ultrasonic sensor to realize microprocessor system for high-temperature products scanning 8

Vasiljev E. N., Derevyanko V. V. Bundled software to compute temperature fields of space vehicles panels with leaky construction 14

Turkenich R. P. Structural and methodological improvement of software for the designing processes of space technique units 18

Sarafanov A. V., Eresko V. S., Fen A. M., Tregubov S. I., Nekrasov A. S. Problems of designing 3D-models of printed knots for electronic devices 23

Doronin S. V., Kosolapov D. V. Stress-strain state modeling and lifetime at percussive-cyclic loading estimation 27

Kogut A. T. Analysis of system stability with approximate algorithms of path control of one class objects 31

Goryashin N. N. Effectiveness analisys of soft-switching mode in high frequency quasi-resonant converters 37

Lapko A. V., Lapko V. A., Varochkin S. S. Collective of nonparametric regressions based on decomposition of training sample 40

Slavin V. S., Kuzovatov I. A., Minakov A. V. Application of finite difference scheme with exponential fitting for numerical simulation of unsteady processes in the mhd channel 46

Chalkin T. A., Voloshchuk K. M. Development of the algorithm of nodes construction change for GOST 28147–89 encryption algorithm 50

Kolesov K. V. Diacoptics method application for software reliability analysis 54

Karaseva M. V., Zelenkov P. V. Realization of the data search module on the bases of multilingual thesauruses 56

Kovalev P. V., Laykov A. N., Gritsenko S. N. 60

The reliability research of n-version software using methods of network analysis 60

Badmaeva K. V. The relevance estimation algorithm representations for materialization in specialized data warehouse 63

Vintural K. P., Ponomarev D. Yu. The probability-time characteristic analysis of content delivery network 68

Favorskaya M. N., Pakhirka A. I., Shilov A. S., Damov M.V. The rendering methods in video sequences 74

Tsarev M. Ju., Tsarev R. Ju., Shevchuk S. F. The GERT-network modification for temporal parameters analysis of the network models 78

PART 2. TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS 79

Krushenko G. G. Superdispersed aluminum as high-energy fuel 84

Saunin V. N., Telegin S. V., Kovalkova V. P. Quasi crystals, prospects of using, ways of production 87

Grechnikov F. V., Nosova E. A., Savelyeva O. G. Heat treatment effect on the separate phases deformations in alloy AlMg10 and AlCu4Mg1.5 90

Goncharova E. A., Isakova V. G., Tomashevich E. V., Churilov G. N. Preparation of water-soluble polyhydroxylated fullerenes using iron nanoparticles as catalyst 93

Danilenko V. S., Kovalskiy B. I., Bezborodov Yu. N., Malysheva N. N., Vishnevskaya E. A. Method of thermal-oxidative stability of lubricants assessment 96

Danilenko V. S., Kovalskiy B. I., Vishnevskaya E. A., Bezborodov Yu. N., Ananjin N. N. Research method for thermal-oxidative stability of motor oils under testing temperature cycling 100

Braverman V. Ya., Belozertsev V. S., Rozanov O.V. Experimental research of the relation between x-ray radiation and electron beam position relativ to the joint during the electron beam welding 103

PART 3. ECONOMICS 105

Nadyrov E. A., Chudaev D. A. Problems of innovation industries crediting 109
Kurzyukova F. V., Gosteva O. V. Peculiarities of project management at project-oriented enterprises 113
Osipenko N. I., Trifanov I. V., Oborina L. I. Motivation and management personnel as an integral part of system management quality 116
Lukinykh V. F. Logistics supply chains in the aerospace branch 120
Avramchikova N. T. Theoretical bases of the polarized space formation and the innovations diffusion in regional economy 123
Dmitrieva A. V., Zhirnova E. A., Shamlitsky Ja. I. The estimation order and suppliers motivation of the joint stock company Krasnoyarsk refrigerator plant «Snowcap» 129
Plotnikova T. N., Rusakov G. N. Factors of the public health service development as a social-economic subsystem 134
Gorbunov M. A., Medvedev A. V. The combination of optimization and simulation approaches by valuation and analysis of real investments 138
Ignatova T. A. The instrumentation environment for the development of small-scale business and regional and municipal economy competitiveness formation 142
Shurdukalov I. V. The adaptive control of construction organization methodology 144
Kruchinin M. A. Formation and realization of innovation policy of the enterprise power engineering 148
Jankin S. S. Sphere of bank services in village: management improving 152
Grigorjev A. V., Beller R. V. Prospective trends of russian silicon industry 157
Danilova A. S. Estimation of the resource potential efficiency usage of a small-scale business trade enterprise 161
Khegay Yu. A. Realization tasks of logistic management at motor-car transportation control using global information technologies 165
Masaev S. N., Dorrer M. G. The estimation method of the company management based on the adaptative correlation to the external environment 170
Pyzhikova N. I. Efficiency of resource-saying of technologies use in grain manufacturing in Krasnoyarsk region 174
Kalyagina L. V., Pyzhikova N. I. Ecological land tenure – necessary condition for the steady development of agroeconomic system 180
Safonova L. A., Smolovik G. N. Conceptual model of investment priorities estimation in the informational communication sphere 185
Stoyanov I. A. Efficiency of the staff work organization: synthesis of organizational behaviour 190

THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS 191

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.