

ВЕСТНИК

Сибирского государственного
аэрокосмического университета
имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 3 (24)

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. ЛАПТЕНОВ
А. Н. ЛОВЧИКОВ
А. В. МЕДВЕДЕВ
В. В. МОСКВИЧЕВ
В. А. ОХОРЗИН
К. Г. ОХОТКИН (отв. секретарь)
С. И. СЕНАШОВ
В. Г. СОМОВ

Учредитель

Сибирский
государственный
аэрокосмический
университет
имени академика
М. Ф. Решетнева

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:
русской 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, О. А. ПЛЕХОВА, Т. Е. ИЛЮЩЕНКО
Редактор английского текста М. В. КАРАСЕВА
Компьютерная верстка М. А. БЕЛОУСОВОЙ
Подп. в печать 25.09.2009. Формат 70×108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 17,9.
Уч.-изд. л. 30,5. Тираж 1000 экз. Заказ 87/59. С 102/9.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии ИП Суховольской Ю. П.
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241.

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СМЕСИ ПЛОТНОСТЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ, ОСНОВАННАЯ НА ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Исследована непараметрическая оценка смеси плотностей вероятности, синтез которой основан на технологии размножения статистических данных. Установлены условия ее асимптотической несмещенности и состоятельности. На этой основе проведено сравнение свойств предлагаемой оценки смеси плотностей вероятности с непараметрической оценкой Розенблатта–Парзена.

Ключевые слова: плотность вероятности, непараметрическая оценка, размножение данных, асимптотические свойства.

Большинство статистических методов обработки информации ориентировано на представительные обучающие выборки. Однако при решении прикладных задач часто имеется ограниченный объем наблюдений – короткая либо малая выборка, что обуславливается нестационарностью объекта исследования, высокой стоимостью и сложностью получения дополнительной информации. Получаемые на их основе решающие правила не всегда обеспечивают приемлемые результаты, так как информации малых выборок недостаточно для оценивания вероятностных характеристик изучаемых закономерностей.

Проблемы малых выборок можно разрешить с помощью технологий обработки информации, основанных на бутстреп-методах. Ниже на основе результатов аналитических исследований будет обоснована эффективность его применения при непараметрическом оценивании плотностей вероятности.

Синтез непараметрической оценки смеси плотностей вероятности, основанной на технологии бутстреп-метода. Пусть $V = (x^i, i = 1, \bar{n})$ – выборка из n независимых наблюдений случайной величины $x = (x_v, v = 1, \bar{k})$ с плотностью вероятности $p(x)$, вид которой априори неизвестен.

Сформируем на основе исходной выборки N групп наблюдений выборку $V_j = (x^i, i \in I_j)$, где I_j – множество номеров элементов из V , составляющих j -ю группу. Количество элементов в группах одинаково и равно $\bar{n} = n - n'$. Каждая пара групп $V_j, V_t, j, t = 1, \bar{N}, j \neq t$ отличается n' элементами. Количество групп элементов $N = n/n'$.

По каждой выборке V_j построим непараметрические оценки плотностей вероятности [1; 2]:

$$\bar{p}_j(x) = \frac{1}{\bar{n} \prod_{v=1}^k c_v} \sum_{i \in I_j} \prod_{v=1}^k \Phi\left(\frac{x_v - x_v^i}{c_v}\right), \quad (1)$$

$$j = \overline{1, N},$$

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

$$\begin{aligned} \Phi(u) &= \Phi(-u), \quad 0 \leq \Phi(u) < \infty, \\ \int \Phi(u) du &= 1, \quad \int u^2 \Phi(u) du = 1, \\ \int u^m \Phi(u) du &< \infty, \quad 0 \leq m < \infty; \end{aligned}$$

$c_v = c_v(\bar{n})$ – коэффициенты размытости ядерных функций, значения которых убывают с ростом $\bar{n}$. Здесь и далее бесконечные пределы интегрирования опускаются.

В качестве приближения $p(x)$ по статистической выборке V примем смесь непараметрических оценок $\bar{p}_j(x)$ плотности вероятности

$$\bar{\bar{p}}(x) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{p}_j(x). \quad (2)$$

Статистика (2) построена в соответствии с бутстреп-методом и допускает использование технологии параллельных вычислений.

Исследуем асимптотические свойства оценки плотности вероятности (2) в условиях, когда $k = 1$.

Теорема. Пусть $p(x)$ и первые две ее производные ограничены и непрерывны; ядерные функции $\Phi(u)$ удовлетворяют условиям нормированности, положительности и симметричности H ; последовательность $c(\bar{n}) = c$ коэффициентов размытости ядерных функций такова, что при $\bar{n} \rightarrow \infty$ значения $c \rightarrow 0$, а при $\bar{n}c \rightarrow \infty$ и $\frac{1}{\bar{n}} \rightarrow 0$, $\frac{n'}{\bar{n}^2} \rightarrow 0$. Тогда при конечных значениях N непараметрическая оценка $\bar{\bar{p}}(x)$ смеси плотности вероятности $p(x)$ обладает свойством асимптотической несмещенности и состоятельности.

Доказательство. По определению

$$\begin{aligned} M(\bar{\bar{p}}(x)) &= \frac{1}{N} \times \\ &\times \sum_{j=1}^N M(\bar{p}_j(x)) = \frac{1}{c} \int \Phi\left(\frac{x-t}{c}\right) p(t) dt = \\ &= \int \Phi(u) p(x - cu) du, \end{aligned}$$

где M – знак математического ожидания.

Разлагая $p(x - cu)$ в ряд Тейлора и ограничиваясь первыми двумя членами ряда при $\bar{n} \rightarrow \infty$, имеем

$$W_1 = M(\bar{\bar{p}}(x) - p(x)) \sim \frac{p^{(2)}(x)}{2} c^2, \quad (3)$$

где $p^{(2)}(x)$ – вторая производная плотности вероятности $p(x)$ по x . Отсюда из условия $c = c(\bar{n})$ и $c \rightarrow 0$ при $\bar{n} \rightarrow \infty$ следует свойство асимптотической несмещенности непараметрической оценки смеси плотностей вероятности (2).

Для доказательства сходимости $\bar{\bar{p}}(x)$ в среднеквадратическом отклонении рассмотрим выражение

$$\begin{aligned}
 & M \int (p(x) - \bar{p}(x))^2 dx = \\
 & = M \int \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p(x) - \bar{p}_j(x))^2 \right] dx = \\
 & = \frac{1}{N^2} M \left[\sum_{j=1}^N \int (p(x) - \bar{p}_j(x))^2 dx + \right. \\
 & \quad \left. + \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \int (p(x) - \bar{p}_j(x)) \times \right. \\
 & \quad \left. \times (p(x) - \bar{p}_i(x)) dx \right]. \quad (4)
 \end{aligned}$$

Найдем асимптотическое выражение функционала

$$\begin{aligned}
 & M \int (p(x) - \bar{p}_j(x))(p(x) - \bar{p}_i(x)) dx = \\
 & = \int p^2(x) dx - M \int \bar{p}_i(x) p(x) dx - \\
 & - M \int \bar{p}_j(x) p(x) dx + M \int \bar{p}_j(x) \bar{p}_i(x) dx. \quad (5)
 \end{aligned}$$

Преобразуем его последнее слагаемое:

$$\begin{aligned}
 & M \int \bar{p}_j(x) \bar{p}_i(x) dx = \\
 & = \frac{1}{\bar{n}^2 c^2} \int \left[\sum_{i \in I_{j_i}} M \Phi^2 \left(\frac{x - x^i}{c} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + \sum_{i \in I_j} \sum_{v \in I_i \setminus I_{j_i}} M \Phi \left(\frac{x - x^i}{c} \right) M \Phi \left(\frac{x - x^v}{c} \right) \right] dx,
 \end{aligned}$$

которое при достаточно большом объеме $\bar{n}$ элементов в группах V_j , $j = 1, N$, может быть представлено в виде

$$\begin{aligned}
 & \frac{\bar{n} - n'}{\bar{n}^2 c} \|\Phi(u)\|^2 + \frac{\bar{n}^2 - (\bar{n} - n')}{\bar{n}^2} \times \\
 & \times \int (p(x) + c^2 p^{(2)}(x)/2)^2 dx, \quad (6)
 \end{aligned}$$

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

Заметим, что при $\bar{n} \rightarrow \infty$

$$M \int \bar{p}_i(x) p(x) dx \sim \|p(x)\|^2 + \frac{c^2}{2} \int p^{(2)}(x) p(x) dx,$$

где $\|p(x)\|^2 = \int p^2(x) dx$. Тогда асимптотическое выражение для функционала (5) соответствует выражению

$$\begin{aligned}
 & \frac{\bar{n} - n'}{\bar{n}^2 c} \|\Phi(u)\|^2 + \frac{c^4}{4} \|p^{(2)}(x)\|^2 + \\
 & + \frac{\bar{n} - n'}{\bar{n}^2} \int (p(x) + c^2 p^{(2)}(x)/2)^2 dx. \quad (7)
 \end{aligned}$$

С учетом (7) и справедливости при $\bar{n} \rightarrow \infty$ утверждения [2]

$$M \int (p(x) - \bar{p}_j(x))^2 dx \sim \frac{\|\Phi(u)\|^2}{\bar{n}c} + \frac{c^4 \|p^{(2)}(x)\|^2}{4},$$

запишем асимптотическое выражение для (4):

$$\begin{aligned}
 & M \int (p(x) - \bar{p}(x))^2 dx \sim \frac{1}{N} \times \\
 & \times \left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{\bar{n}c} + \frac{c^4 \|p^{(2)}(x)\|^2}{4} \right) + \\
 & + \frac{N-1}{N} \left[\frac{\bar{n} - n'}{\bar{n}^2 c} \|\Phi(u)\|^2 + \frac{c^4 \|p^{(2)}(x)\|^2}{4} + \right. \\
 & \left. + \frac{\bar{n} - n'}{\bar{n}^2} \int (p(x) + c^2 p^{(2)}(x)/2)^2 dx \right].
 \end{aligned}$$

Отсюда, пренебрегая величинами малости $0\left(\frac{1}{\bar{n}}\right)$, $0\left(\frac{n'}{\bar{n}^2}\right)$, получим

$$\begin{aligned}
 & M \int (p(x) - \bar{p}(x))^2 dx \sim \frac{\|\Phi(u)\|^2}{N \bar{n}c} \times \\
 & \times \left(1 + \frac{(\bar{n} - n')(N-1)}{\bar{n}} \right) + \frac{c^4 \|p^{(2)}(x)\|^2}{4}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Нетрудно заметить, что при выполнении условий $c \rightarrow 0$, $\bar{n}c \rightarrow \infty$ при $\bar{n} \rightarrow \infty$ оценка плотности вероятности (2) сходится в среднеквадратическом отклонении к $p(x)$, а с учетом свойства ее асимптотической несмещенности является состоятельной.

Сравнение асимптотических свойств статистики (2) и непараметрической оценки Розенблатта–Парзена. Определим минимальное значение W_2 выражения (8) при оптимальных значениях $\bar{c}$ коэффициентов размытости ядерных функций непараметрических оценок $\bar{p}_j(x)$, $j = 1, N$, составляющих их смесь $\bar{p}(x)$ (2).

В принятых допущениях значение

$$\bar{c} = \left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{\bar{n} \|p^{(2)}(x)\|^2} \right)^{\frac{1}{5}}.$$

Тогда

$$\begin{aligned}
 & W_2 = \left[\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n - n'} \right)^4 \|p^{(2)}(x)\|^2 \right]^{\frac{1}{5}} \times \\
 & \times \left(\frac{1}{N} \left(1 + \frac{n - n'}{n} (N-1) \right) + \frac{1}{4} \right) = \\
 & = \left[\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n - n'} \right)^4 \|p^{(2)}(x)\|^2 \right]^{\frac{1}{5}} \left(\frac{n - n'}{n} + \frac{1}{4} \right). \quad (9)
 \end{aligned}$$

Если $n' = 0$, то W_2 совпадает с минимальным значением асимптотического выражения среднеквадратического отклонения

$$W'_2 = \frac{5}{4} \left[\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n} \right)^4 \|p^{(2)}(x)\|^2 \right]^{\frac{1}{5}}$$

для оценки плотности вероятности типа Розенблатта–Парзена

$$\tilde{p}(x) = \frac{1}{nc} \sum_{i=1}^n \Phi \left(\frac{x - x^i}{c} \right) \quad (10)$$

при оптимальных значениях $c = c^*$. При этом

$$\frac{W_2}{W'_2} = \frac{4}{5} \left(\frac{n}{n - n'} \right)^{\frac{4}{5}} \left(\frac{n - n'}{n} + \frac{1}{4} \right). \quad (11)$$

По аналогии сравним главные дисперсионные составляющие

$$\begin{aligned}
 & W_3 = \frac{n - n'}{n} \left[\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n - n'} \right)^4 \|p^{(2)}(x)\|^2 \right]^{\frac{1}{5}}, \\
 & W'_3 = \left[\left(\frac{\|\Phi(u)\|^2}{n} \right)^4 \|p^{(2)}(x)\|^2 \right]^{\frac{1}{5}}
 \end{aligned}$$

непараметрических оценок плотностей вероятностей (2), (10). Их отношение будет следующим

$$\frac{W_3}{W'_3} = \left(\frac{n - n'}{n} \right)^{\frac{1}{5}}.$$

Так как объем статистических данных при синтезе составляющих (1) статистики (2) меньше, чем при формировании непараметрической оценки плотности вероятности (10), то очевидно, что ее смещение меньше по сравнению с оценкой плотности вероятности (2). Действительно, отношение их минимальных асимптотических выражений смещений при оптимальных значениях коэффициентов размытости имеет вид

$$\frac{W_1}{W'_1} = \left(\frac{n}{n - n'} \right)^{\frac{2}{5}} > 1. \quad (13)$$

Значения отношений (11), (12), (13) при $n' = \alpha n$ приведены в таблице.

Использование статистики (2) позволяет несколько улучшить эффективность оценивания плотности вероятности по сравнению с оценкой Розенблатта–Парзена (10).

С уменьшением $n' = \alpha n$ растет количество групп наблюдений V_j , $j = 1, N$, но снижается уровень их разнообразия. При этом состав групп наблюдений незначительно отличается. Поэтому в данных условиях аппроксимационные свойства статистик (2) и (10) практически одинаковы.

При увеличении n' уменьшается количество составляющих смеси непараметрических оценок плотностей

вероятности (2), что приводит к снижению ее аппроксимационных свойств, несмотря на рост разнообразия групп наблюдений V_j , $j = 1, N$. При этом уменьшение дисперсии смеси (2) объясняется различными темпами изменения значений ее смещения и среднеквадратического отклонения от искомой плотности вероятности.

Таким образом, использование технологии бутстреп-метода позволяет повысить эффективность оценивания плотностей вероятности. Получаемые при этом непараметрические оценки смеси плотностей вероятности обладают повышенными аппроксимационными свойствами, что особенно наблюдается в снижении их дисперсии и среднеквадратического отклонения. Определены условия их асимптотической сходимости и преимущества перед традиционной непараметрической оценкой Розенблатта–Парзена. Следует ожидать более значительного преимущества предлагаемой методики оценивания плотностей вероятности в условиях малых выборок.

Библиографический список

1. Parzen, E. On estimation of a probability density function and mode / E. Parzen // Ann. Math. Statistic. 1962. Vol. 33. P. 1065–1076.
2. Епанечников, В. А. Непараметрическая оценка многомерной плотности вероятности // Теория вероятности и ее применения. 1969. Т. 14. Вып. 1. С. 156–161.

Зависимость отношений W_i/W'_i , $i = \overline{1, 3}$ от значений n'

$\frac{W_i}{W'_i}$	α						
	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{40}$
(11)	1	1,044	1,002	0,998	0,999	0,999	0,999
(12)	1	0,87	0,94	0,97	0,987	0,989	0,995
(13)	1	1,32	1,12	1,054	1,024	1,020	1,008

A. V. Lapko, V. A. Lapko

NONPARAMETRIC ESTIMATION OF A MIX PROBABILITY DENSITY, BASED ON TECHNOLOGY DUPLICATION OF STATISTICAL DATA

The nonparametric estimation of the mix probability density which synthesis is based on technology duplication of statistical data is investigated. The asymptotic unbiasedness conditions and solvencies are determined. On this basis the properties comparison of the offered estimation of the mix probability density with the nonparametric estimation such as Rozenblatt–Parzen is carried out.

Keywords: probability density, nonparametric estimation, data duplication, asymptotic properties.

© Ланко А. В., Ланко В. А., 2009

И. И. Вайнштейн, П. С. Литвинов

МОДЕЛЬ М. А. ЛАВРЕНТЬЕВА О СКЛЕЙКЕ ВИХРЕВЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Доказана теорема о существовании нетривиального решения (с вихревой зоной течения) в модели отрывных течений идеальной жидкости М. А. Лаврентьева с произвольной завихренностью.

Ключевые слова: вихревое течение, потенциальное течение, модель отрывных течений М. А. Лаврентьева, интегральные уравнения.

В модели отрывных течений идеальной жидкости М. А. Лаврентьева предполагается, что в области течения образуются две зоны: зона потенциального течения и зона вихревого течения [1].

В случае течения в ограниченной области, когда завихренность ω постоянна, эта модель приводится к следующей задаче: в ограниченной области D с границей Γ требуется найти непрерывно-дифференцируемое решение уравнения

$$\frac{\partial^2 \psi(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi(x, y)}{\partial y^2} = \begin{cases} \omega, & \text{если } \psi < 0, \\ 0, & \text{если } \psi > 0 \end{cases} \quad (1)$$

при краевом условии

$$\psi|_{\Gamma} = \varphi(s) \geq 0, \quad (2)$$

где завихренность $\omega > 0$; $\psi(x, y)$ – функция тока;

$V_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}$, $V_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ – компоненты скорости [2].

Гармоническая функция $\psi_0(x, y)$, удовлетворяющая условию (2), в силу принципа максимума положительна в области D и, тем самым, является решением уравнения (1). Это решение назовем тривиальным.

В работе М. А. Гольдштика [2] доказано существование нетривиального (с областью отрицательности) решения задачи (1), (2) при достаточно большом значении величины ω . В [3] И. И. Вайнштейном получено условие

$$\omega > \frac{4Ce}{R^2}, \quad (3)$$

при котором существует нетривиальное решение задачи. Здесь R – радиус наибольшего по площади круга, который можно вписать в область D , $C = \max \varphi(s)$.

В общем случае вихревое течение идеальной несжимаемой жидкости описывается уравнением

$$\frac{\partial^2 \psi(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi(x, y)}{\partial y^2} = F(\psi),$$

где завихренность $\omega = F(\psi)$; $F(\psi)$ – произвольная функция от ψ [4]. Если $F(\psi) \equiv 0$, то имеем потенциальное течение. В случае $\omega = \text{const}$ течение идеальной жидкости рассматривается как предельное течение вязкой жидкости в области, ограниченной замкнутой линией тока, когда вязкость стремится к нулю.

Представляет интерес рассмотрение модели М. А. Лаврентьева для течения в ограниченной области для произвольной завихренности $F(\psi)$.

Пусть $B \subset D$ – область отрыва (область вихревого течения). Для общего случая завихренности задачу о склей-

ке вихревых и потенциальных течений можно сформулировать следующим образом: в области D требуется найти непрерывно-дифференцируемое решение уравнения

$$\Delta \psi = \begin{cases} F(\psi), & \text{если } (x, y) \in B, \\ 0, & \text{если } (x, y) \notin B \end{cases} \quad (4)$$

при краевом условии

$$\psi|_{\Gamma} = \varphi(s) \geq 0. \quad (5)$$

Пусть на границе зоны отрыва $\psi = 0$ и $\omega > 0$ [5]. Тогда в вихревой зоне $\Delta \psi = \omega = F(\psi) > 0$ и функция ψ принимает наибольшее значение на границе области B [6]. Принимая во внимание, что на границе области B $\psi = 0$, заключаем, что в области B функция $\psi < 0$.

Это свойство позволяет сформулировать задачу (4), (5) в виде уравнения

$$\Delta \psi = \begin{cases} F(\psi), & \text{если } \psi < 0, \\ 0, & \text{если } \psi > 0 \end{cases} \quad (6)$$

при краевом условии

$$\psi|_{\Gamma} = \varphi(s) \geq 0. \quad (7)$$

Ее решение ищется в классе функций, непрерывно дифференцируемых в области D .

Гармоническая в области D функция $\psi_0(x, y)$, удовлетворяющая краевому условию (7), положительна в области D и так же, как в задаче (1), (2), является тривиальным решением задачи (6), (7).

Докажем теорему о существовании нетривиального решения задачи (6), (7).

Теорема. Пусть $F(\psi)$ – невозрастающая, непрерывно дифференцируемая функция от ψ $0 < \omega_0 \leq F(\psi) \leq K$, C_R – круг максимального радиуса, который можно вписать в область D (без ограничения общности можно считать, что его центр находится в начале координат), $\max \varphi(s) = C$. Тогда при условии

$$\omega \geq \frac{4Ce}{R^2} \quad (8)$$

задача (6), (7) имеет нетривиальное решение.

Доказательство. Введем функцию

$$\psi^* = \psi_0 - \frac{\omega_0}{2\pi} \iint_{C_a} G(x, y, x_1, y_1) dx_1 dy_1,$$

где C_a – круг с центром в начале координат радиуса a , $C_a \subset C_R$; $G(x, y, x_1, y_1)$ – функция Грина задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге C_R .

В области C_a функция ψ^* удовлетворяет уравнению Пуассона $\Delta \psi^* = \omega_0$, а вне C_a она гармонична и на границе области D равняется $\varphi(s)$. Из свойств интеграла с

логарифмической особенностью (плоского потенциала) следует, что ψ^* непрерывна в области D вместе с производными первого порядка, которые удовлетворяют условию Гельдера с любым показателем $\alpha < 1$ [7].

Функция

$$W(x, y) = \frac{1}{2\pi} \iint_{C_a} (G - G_R) dx_1 dy_1$$

в круге C_R удовлетворяет уравнению $\Delta W = 0$. На границе круга C_R $W \geq 0$. Из принципа экстремума для гармонических функций следует, что

$$W > 0 \quad \text{при } (x, y) \in C_R. \quad (9)$$

Используя неравенство (9), получим

$$\psi^* = \psi_0 - \frac{\omega_0}{2\pi} \iint_{C_a} (G - G_R) dx_1 dy_1 - \frac{\omega_0}{2\pi} \times$$

$$\times \iint_{C_a} G_R dx_1 dy_1 < \psi_1^* = C - \frac{\omega_0}{2\pi} \iint_{C_a} G_R dx_1 dy_1, \quad (x, y) \in C_R.$$

Подберем радиус a таким, чтобы ψ_1^* равнялось нулю при $r = a$. Тогда ψ_1^* будет меньше нуля в C_a , тем самым в C_a будет меньше нуля и ψ^* .

Функция ψ_1^* является непрерывно-дифференцируемым решением уравнения

$$\Delta \psi_1^* = \begin{cases} \omega_0, & \text{если } (x, y) \in C_a, \\ 0, & \text{если } (x, y) \in C_R \setminus C_a \end{cases} \quad (11)$$

при краевом условии

$$\psi_1^*|_{r=R} = C. \quad (12)$$

Требуя, чтобы ψ_1^* равнялось нулю при $r = a$, приходим к задаче о склейке вихревых (с постоянной завихренностью ω_0) и потенциальных течений в круге C_R :

$$\Delta \psi_1^* = \begin{cases} \omega_0 & \text{если } \psi_1^* < 0, \\ 0, & \text{если } \psi_1^* > 0 \end{cases} \quad (13)$$

при краевом условии (12).

В [5] получено, что при $\omega > \frac{4Ce}{R^2}$ эта задача имеет два

таких решения, что существуют два круга C_{a_1} и C_{a_2} с радиусами a_1 и a_2 соответственно, в которых $\psi_1^* < 0$, и на их границах $\psi_1^* = 0$.

Возьмем за C_a , например, круг C_{a_1} , $a_1 < a_2$. Так как в нем $\psi_1^* < 0$, то и $\psi^* < 0$, как это следует из неравенства (10).

Если $\omega_0 = \frac{4Ce}{R^2}$, то имеется только один круг, на границе которого $\psi_1^* = 0$ [5], и в этом случае за C_a возьмем этот круг.

Функция ψ^* – гармоническая в $D \setminus \overline{C_a}$, и $\psi^*|_{\Gamma} \geq 0$, $\psi^*|_{r=a_1} < 0$. Отсюда следует, что существует аналитическая кривая γ_1 (линия уровня гармонической функции ψ^*), на которой $\psi^* = 0$. Линия γ_1 лежит вне области C_{a_1} . Кривая γ_1 не может самопересекаться, так как в этом случае образуется область $B^* \subset D \setminus C_a$, на границе которой гармоническая функция $\psi^* = 0$. Тогда она тождественно равна нулю в B^* , а отсюда в силу аналитичности она тождественно равна нулю всюду вне C_a , что невозможно в силу граничных условий.

Построим последовательность функций ψ_n , сходящихся к решению рассматриваемой задачи. Пусть B_1 – полученная область отрицательности функции ψ^* . Ясно, что C_a содержится в B_1 . Положим

$$\psi_1 = \psi^*,$$

$$\psi_2 = \psi_0 - \frac{1}{2\pi} \iint_{B_1} F(\psi_1) G(x, y, x_1, y_1) dx_1 dy_1. \quad (14)$$

Представим $F(\psi)$ в виде

$$F(\psi) = \omega_0 + (F(\psi) - \omega_0) = \omega_0 + \Phi(\psi), \quad \Phi(\psi) \geq 0.$$

Учитывая, что $B_1 \supset C_a$, запишем $B_1 = C_a + \Delta_1$. Тогда

$$\psi_2 - \psi_1 = \frac{\omega_0}{2\pi} \iint_{C_a} G dx_1 dy_1 -$$

$$- \frac{1}{2\pi} \iint_{B_1} F(\psi^*) G dx_1 dy_1 =$$

$$= \frac{\omega_0}{2\pi} \iint_{C_a} G dx_1 dy_1 - \frac{1}{2\pi} \iint_{C_a} F(\psi^*) dx_1 dy_1 -$$

$$- \frac{1}{2\pi} \iint_{\Delta_1} F(\psi^*) G dx_1 dy_1 =$$

$$= - \frac{1}{2\pi} \iint_{C_a} \Phi(\psi^*) G dx_1 dy_1 -$$

$$- \frac{1}{2\pi} \iint_{\Delta_1} F(\psi^*) G dx_1 dy_1 < 0.$$

Отсюда $\psi_2 < \psi_1$ и $\psi_2 < 0$ в области B_1 .

Аналогично предыдущему, имеем линию γ_2 , лежащую вне области B_1 , на которой $\psi_2 = 0$. Пусть B_2 – область отрицательности функции ψ_2 , $B_2 \supset B_1$. Продолжая этот процесс, получаем последовательность областей B_n и функций

$$\psi_n = \psi_0 - \frac{1}{2\pi} \iint_{C_a} F(\psi_{n-1}) G dx_1 dy_1, \quad n = 2, 3, \dots$$

Докажем, что $\psi_{n+1} \leq \psi_n$. Положим $\psi_n \leq \psi_{n-1}$. Тогда $B_n \supset B_{n-1}$ и $B_n = B_{n-1} \cup \Delta_n$ (мера $\Delta_n > 0$). Учитывая, что $F(\psi)$ – невозрастающая функция, получим

$$\psi_{n+1} - \psi_n = \frac{1}{2\pi} \iint_{B_{n-1}} F(\psi_{n-1}) G dx_1 dy_1 -$$

$$- \frac{1}{2\pi} \iint_{B_n} F(\psi_n) G dx_1 dy_1 =$$

$$= - \frac{1}{2\pi} \iint_{B_{n-1}} [F(\psi_{n-1}) - F(\psi_n)] G dx_1 dy_1 -$$

$$- \frac{1}{2\pi} \iint_{\Delta_n} F(\psi_n) G dx_1 dy_1 < 0. \quad (15)$$

Таким образом, $\psi_{n+1} < \psi_n$ и $B_{n+1} \supset B_n$. Мы получили монотонно убывающую последовательность функций ψ_n , ограниченную снизу:

$$\psi_n = \psi_0 - \frac{1}{2\pi} \iint_{B_{n-1}} F(\psi_{n-1}) G dx_1 dy_1 \geq \psi_0 -$$

$$- \frac{K}{2\pi} \iint_{B_{n-1}} G dx_1 dy_1 \geq \psi_0 - \frac{K}{2\pi} \iint_D G dx_1 dy_1,$$

и монотонную последовательность областей $B_0 \subset B_1 \subset \dots \subset B_n \subset \dots$, содержащихся в области D . Отсюда вытекает, что последовательность ψ_n сходится вместе с последовательностью вложенных областей B_n [8].

Обозначим $\psi = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n$, $B = \lim_{n \rightarrow \infty} B_n$ и докажем, что предельная функция ψ непрерывно дифференцируема в области D .

Исходя из свойств интеграла типа плоского потенциала с логарифмической особенностью, заключаем, что ψ_n имеет внутри области D непрерывные частные производные, удовлетворяющие условию Гельдера, причем показатель α и константа Гельдера не зависят от n [7], так что последовательность ψ_n равномерно ограничена и равностепенно непрерывна в $C^1(D)$. По теореме Арцела последовательность ψ_n компактна в пространстве непрерывно дифференцируемых функций $C^1(D)$. Значит, имеется подпоследовательность ψ_{n_k} , сходящаяся к функции, непрерывно дифференцируемой в области D . Отсюда с учетом того, что сама последовательность ψ_n сходится, следует, что ее предельная функция $\psi(x, y)$ непрерывно дифференцируема в области D .

Пусть γ – граница области B . Возьмем произвольную точку $(x^*, y^*) \in \gamma$. Так как

$$\psi = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n, \quad B = \lim_{n \rightarrow \infty} B_n,$$

то в произвольной δ -окрестности точки (x^*, y^*) , начиная с некоторого номера, находятся и точки из B_n и γ_n . А теперь возьмем последовательность точек $(x_n, y_n) \in \gamma_n$ и (x_n, y_n) , которые принадлежат выбранной окрестности точки (x^*, y^*) . По построению $\psi_n = 0$ на γ_n , так что $\psi_n(x_n, y_n) = 0$.

Для произвольного $\varepsilon > 0$ найдется такое число N , что при $n > N$ вследствие равномерной сходимости последовательности ψ_n

$$|\psi_n(x^*, y^*) - \psi(x^*, y^*)| < \frac{\varepsilon}{2}$$

и вследствие равностепенной непрерывности

$$|\psi_n(x_n, y_n) - \psi_n(x^*, y^*)| < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Далее имеем

$$\begin{aligned} |\psi(x^*, y^*)| &= |\psi(x^*, y^*) - \psi_n(x^*, y^*) + \\ &+ \psi_n(x^*, y^*) - \psi_n(x_n, y_n)| \leq \\ &\leq |\psi_n(x^*, y^*) - \psi(x^*, y^*)| + |\psi_n(x_n, y_n) - \\ &- \psi_n(x^*, y^*)| < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2} = \varepsilon. \end{aligned}$$

В результате получим $|\psi(x^*, y^*)| < \varepsilon$. В силу произвольности ε заключаем, что $\psi(x^*, y^*) = 0$.

Покажем, что в точках, где $\psi < 0$, $\Delta\psi = F(\psi)$. Пусть в точке $M_0(x_0, y_0)$ $\psi < 0$. Точка M_0 , начиная с некоторого N , будет принадлежать всем областям B_n , $n \geq N$. В силу непрерывности ψ можно взять круг C_ε с центром в точке M_0 радиуса ε , который также будет принадлежать всем областям B_n , $n \geq N$, границей C_ε будет γ_ε .

Рассмотрим последовательность задач

$$\Delta v_n = F(n_{n-1}), \quad v_n|_{\gamma_\varepsilon} = \psi_n|_{\gamma_\varepsilon}.$$

За решение возьмем $v_n = \psi_n$.

Полагая $\psi_n = \psi_n^* + \psi_0$, где ψ_0 – гармоническая в круге C_ε функция, принимающая на γ_ε значения ψ_n , получаем

$$\Delta\psi_n^* = F(\psi_{n-1}^* + \psi_0) = F_1(x, y, \psi_{n-1}^*), \quad (16)$$

$$\psi_n^*|_{\gamma_\varepsilon} = 0 \quad (17)$$

Задача (16), (17) в условиях теоремы рассмотрена в монографии Р. Куранта [7], где доказано, что предельная функция $\psi^* = \lim_{n \rightarrow \infty} \psi_n^*$ является в C_ε решением уравнения

$$\Delta\psi^* = F_1(x, y, \psi^*),$$

а значит

$$\Delta\psi = F(\psi).$$

Теперь возьмем точку $M_0 \in D$, не принадлежащую $\bar{B}$ и ψ в точке (x_0, y_0) больше нуля (здесь $\bar{B}$ не совпадает с D). Возьмем такое ε , что в C_ε нет точек $\bar{B}_n$. Вне $\bar{B}_n$ функции ψ_n гармонические и неотрицательны. Таким образом, в круге C_ε имеем сходящуюся последовательность убывающих гармонических функций ψ_n . Из второй теоремы Гарнака для гармонических функций следует гармоничность предельной функции в C_ε [7]. Так как M_0 из $D \setminus \bar{B}$ – произвольная точка, то ψ^* – гармоническая функция во всех точках, в которых она больше нуля. Следовательно, предельная функция ψ является решением исходной задачи (6), (7).

Таким образом, нами была обоснована модель отрывных течений идеальной несжимаемой жидкости М. А. Лаврентьева с произвольной, положительной, не возрастающей, ограниченной завихренностью.

Библиографический список

1. Лаврентьев, М. А. Проблемы гидродинамики и их математические модели / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. М.: Наука, 1973.
2. Гольдштик, М. А. / М. А. Гольдштик // Докл. АН СССР. 1962. Т. 147, № 6. С. 1310–1313.
3. Вайнштейн, И. И. Движение идеальной жидкости с завихренными зонами: дис. ... канд. физ.-мат. наук / И. И. Вайнштейн. Новосибирск, 1972.
4. Ламб, Г. Гидродинамика / Г. Ламб. М.: Гостехиздат, 1947.
5. Гольдштик, М. А. Вихревые потоки / М. А. Гольдштик. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981.
6. Смирнов, В. И. Курс высшей математики. В 4 т. Т. 4 / В. И. Смирнов. М.: Гостехиздат, 1951.
7. Курант, Р. Методы математической физики. В 2 т. Т. 2 / Р. Курант, Д. Гильберт. М.; Л.: Гостехиздат, 1951.
8. Хаусдорф, О. Теория множеств / О. Хаусдорф. М.: ОНТИ, 1937.

I. I. Weinstein, P. S. Litvinov

M. A. LAVRENTEV MODEL ABOUT PASTING VORTICAL AND POTENTIAL CURRENTS OF THE IDEAL LIQUID

In work the theorem of the non trivial solutions existence (with a vortical zone of a current) in M. A. Lavrentev model separated currents of the ideal liquid with any vorticity is proved.

Keywords: vortical current, potential current, M. A. Lavrentev model of separated currents, integrated equations.

© Вайнштейн И. И., Литвинов П. С., 2009

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОЛИРОВАНИЯ ВОЛНОВОДОВ

Проведено исследование алмазного эластичного инструмента, применяемого для полирования внутренних поверхностей волноводов, с помощью компьютерных программ SolidWorks и CosmosWorks, проверенное компьютерным моделированием в среде ANSYS. Применение подобных программных продуктов позволяет рассчитывать напряженно-деформированное состояние инструментов и выбирать их оптимальную конструкцию.

Ключевые слова: шероховатость, полирование, эластичные инструменты, моделирование, алмазные инструменты.

По условиям эксплуатации летательных аппаратов внутренняя поверхность ряда трубопроводов должна иметь зеркальное отражение. Отметим, что поверхность становится оптически гладкой и блестящей только тогда, когда величина неровностей на ней меньше половины длины волны видимого света, т. е. эта величина не должна превышать 0,2 мкм.

Способ абразивного полирования отверстий некруглого сечения эластичным инструментом из полиуретана SKU-ПФЛ 100 с нанесенными абразивными зернами АСМ 60/40 [1] предназначен для снижения шероховатости внутренних токонесущих поверхностей волноводов, но он может быть применен для любых других трубопроводов, требующих отделочной обработки. Профиль полирующего инструмента повторяет профиль обрабатываемого отверстия детали. Полости инструмента выполнены в виде усеченной пирамиды и повторяют наружный профиль. Полирование осуществляется за несколько циклов.

Обработка алмазными эластичными инструментами (ЭИ) обеспечивает стабильное качество поверхности изделий из цветных металлов и сталей за счет температуры полирования, уменьшения остаточных напряжений и шероховатости, способствует повышению производительности обработки и стойкости алмазного инструмента до 20 раз по сравнению с другими абразивными эластичными инструментами.

Алмазные эластичные инструменты должны быть износостойким длительное время и создавать давления, при которых обеспечивается полирование поверхности волновода по периметру и всей длине [2]. Эластичные полировальные инструменты являются более управляемыми, поскольку их конструктивные параметры позволяют изменять свойства инструментов в нужном направлении.

В качестве основы для инструмента выбран полиуретан. Он эластичен, работает в интервале температур от -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$, кислотостоек, характеризуется повышенной износостойкостью, высокой прочностью, масло- и бензостойкостью, устойчивостью к среде кислорода. Относительное удлинение полиуретана — не менее 300 %; условная прочность при растяжении — не менее 30 МПа; остаточное удлинение при разрыве — не более 10 %; твердость по Шору — А 80...90 условных единиц; прочность на разрыв — не менее 100 Н/мм; сопротивление к истиранию (DIN 53516) — не более 0,05 см³.

Процесс полирования предполагает, что эластичный инструмент в виде стержня, повторяющего профиль се-

чения волновода и покрытый алмазными зернами, в процессе работы будет находиться в напряженно-деформированном состоянии. При сжатии поперечные размеры инструмента будут изменяться.

Практически во всех публикациях, в которых рассматриваются технологические аспекты формообразования деталей из трубчатых и полых заготовок эластичным инструментом, говорится о том, что при выборе и расчете оборудования необходимо учитывать усилие, затрачиваемое на деформирование эластичного инструмента. Для этого предлагается использовать экспериментально полученные характеристики сжатия эластичных деталей типа шайб и втулок.

При разработке процессов с управляемым формоизменением полуфабриката характеристики сжатия и растяжения эластомеров имеют первостепенное значение, поэтому они должны учитывать конкретные условия нагружения и быть удобными для пользования.

Работоспособность инструментов на эластичной основе во многом зависит от режимов и условий обработки, которые выбираются с учетом их физико-механических и теплофизических свойств. Наиболее важными являются механические характеристики: число эластичности N_p , модуль упругости основы при растяжении E , модуль упругости сжатия алмазоносного слоя E_c , допустимое напряжение $[\sigma]$. При эксплуатации эластичный инструмент с закрепленными алмазными зернами испытывает деформации по всем трем координатам. Следует также отметить, что детали, изготавливаемые из полиуретана, могут иметь сложную конфигурацию и подвергаться воздействиям различных сил.

Рассмотрим конструкции эластичных инструментов с профилем, повторяющим форму обрабатываемого отверстия с внутренними полостями:

- составной инструмент из одинаковых прямоугольных шайб с отверстиями и одной шайбы без отверстия (рис. 1);
- стержень сплошной полиуретановый прямоугольного сечения;
- стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде цилиндра (рис. 2);
- стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде усеченной пирамиды (рис. 3, 4, а);
- стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с полостями в виде

усеченной пирамиды и увеличенной толщиной стенки по большей стороне (рис. 4, б);

– стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде параллелепипеда с одинаковой толщиной стенки (рис. 4, в);

– стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде параллелепипеда с увеличенной толщиной стенки по большей стороне (рис. 4, з);

– стержень полиуретановый прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде усеченной пирамиды, в углах которой расположены четыре отверстия радиусом 1 мм, и с увеличенной толщиной стенки по большей стороне (рис. 4, д).

Инструмент, представленный на рис. 1, состоит из восьми одинаковых прямоугольных шайб с отверстиями и одной шайбы без отверстия с размерами $2a \times 2b \times h_1$, где a и b – стороны, h_1 – высота, общей высотой H .

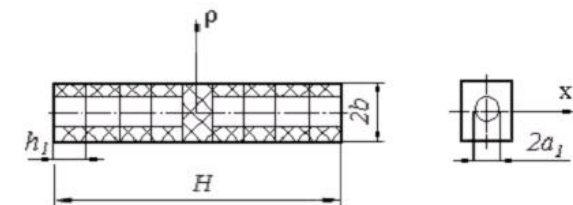


Рис. 1. Составной инструмент из полиуретана (обозначения см. в тексте)

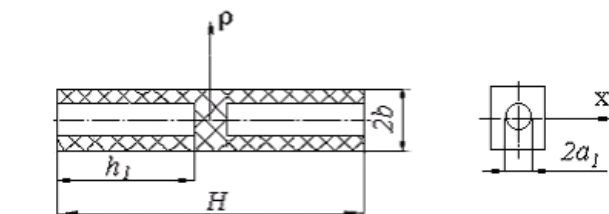


Рис. 2. Инструмент из полиуретана с полостями в виде цилиндра (обозначения см. в тексте)

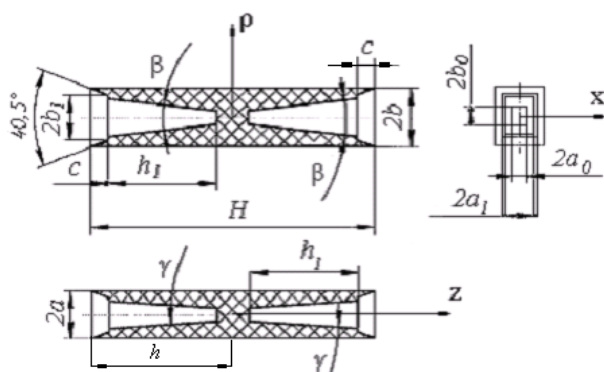


Рис. 3. Инструмент из полиуретана с полостями в виде усеченной пирамиды (обозначения см. в тексте)

Этот инструмент с нанесенными абразивными зернами может быть применен для полирования. Его целесообразно использовать, когда нужно изменять длину инструмента. Технология его изготовления более простая, чем у других инструментов, но конструкция достаточно жесткая и требуются большие усилия для его деформации. Поэтому инструмент со сплошным стержнем прямоугольного сечения не может быть применен в таком качестве как мало деформируемый: при твердости 90 и более единиц по Шору он практически не изменяет своего поперечного сечения, а максимальное сжимающее напряжение для пластинки с малым отверстием в 3 раза больше напряжения в пластинке без отверстия [4].

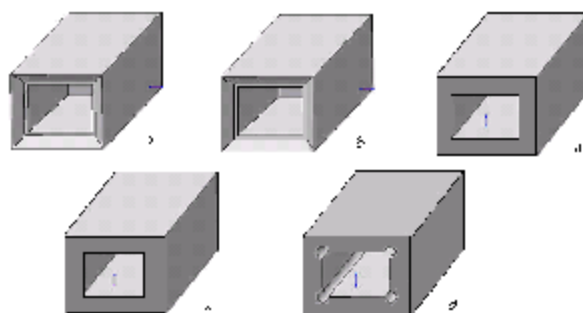


Рис. 4. Конструкции эластичных инструментов для исследования напряженно-деформированного состояния с полостями: а – в виде усеченной пирамиды; б – в виде усеченной пирамиды с измененной толщиной стенки; в – в виде прямоугольного параллелепипеда; г – в виде прямоугольного параллелепипеда с измененной толщиной стенки; д – в виде усеченной пирамиды с измененной толщиной стенки и выемками в углах

Рассмотрим инструменты прямоугольного сечения с полостями в виде цилиндра и в виде усеченной пирамиды.

Инструмент прямоугольного сечения с полостями в виде цилиндра характеризуется внешними размерами $2a \times 2b$, внутренним диаметром отверстия $2a_1$, общей высотой H и высотой внутреннего отверстия h_1 (см. рис. 2). Данный инструмент может быть применен в качестве эластичной основы. По конструкции он прост, изготовить его можно из цельной заготовки механическим способом, однако получить такой инструмент литьем в металлической форме оказалось технологически невозможным из-за отсутствия литейных уклонов. К тому же требуются значительные усилия для его деформации.

Инструмент прямоугольного сечения с полостями в виде усеченной пирамиды характеризуется четырьмя размерами: внешними размерами $2a \times 2b$, внутренними размерами $a_1 \times b_1$ ($a_0 \times b_0$) центрального отверстия, общей высотой H и высотой внутренней усеченной пирамиды h_1 (см. рис. 3).

Выбор конструкции на основе теоретического определения напряженно-деформированного состояния инструментов с полостями в виде усеченной пирамиды, усеченной пирамиды без направляющего конуса и в виде усеченной пирамиды, в углах которой имеются выемки радиусом 1 мм, проводился с помощью компьютерных программ SolidWorks и CosmosWorks, которые позволяют создавать, анализировать, корректировать проекты и

решать задачи напряженно-деформированного состояния деталей машиностроения [5].

Целью компьютерного моделирования являлось определение конструкции инструмента, обеспечивающей прижим и полирование под действием удельного давления к внутренней обрабатываемой поверхности, для чего были созданы трехмерные модели исследуемого инструмента (см. рис. 4).

Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния инструмента выполнялось в следующем порядке:

- создание трехмерных моделей исследуемых инструментов;
- создание базы данных по материалу инструмента, включающей плотность, коэффициент Пуассона, модуль упругости, предел прочности, твердость, предел текучести;
- установление ограничений: 1 – к торцу (середине детали) в зафиксированном состоянии, 2 – к торцевой поверхности;
- установление предварительного давления (10 МПа);
- приложение нагрузки к торцевой поверхности и на полость инструмента в направлении, перпендикулярном выбранной грани и поверхности полости;
- выбор вида нагружения (последовательное);
- установление датчиков в наиболее характерных точках инструмента;
- создание сетки для расчета;
- анализ расчета напряженно-деформированного состояния инструмента;
- получение отчета.

Во время расчета весь исследуемый объем разделялся на элементарные ячейки кубической формы, при этом точность полученных результатов зависела от количества и размера элементарных ячеек (рис. 5).

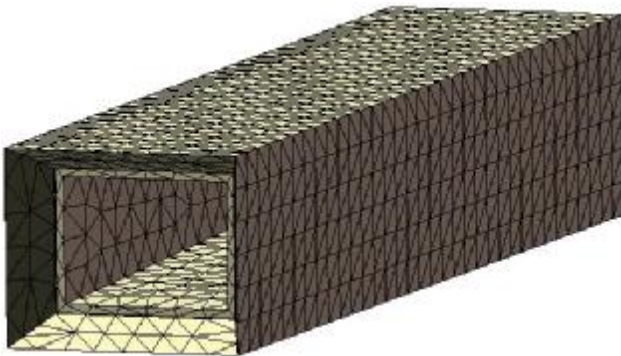


Рис. 5. Пример создания сетки для расчета напряженно-деформированного состояния инструмента

Используемое разбиение – стандартное, автоматическое уплотнение и сглаживание поверхности включены, допуск – 0,116 13 мм, качество высокое, количество элементов – 4 288, количество узлов – 7 167. Тип решающей программы – FFEPlus, качество – высокое, параметр «Тепловые эффекты» включен. Дополнительные параметры управления решением следующие: метод управления – сила; метод повторов – метод Ньютона–Рафсона; допуск сходимости – 0,001 4; допуск инкремента деформации для пластиковых деталей – 0,01.

Расчет показал, что полиуретановый стержень прямоугольного сечения, повторяющий профиль заготовки с симметричными полостями в виде усеченной пирамиды (см. рис. 4, а), имеет наибольшее перемещение в средней части и на направляющей кромке – 18 мм, по углам утягивается от 3 до 7 мм и испытывает во внутренней полости растягивающие перемещения 11...17 мм по меньшей стороне и сжимающие перемещения 2,4...5 мм по большей стороне. В середине по высоте инструмент испытывает деформацию сжатия. Не исключена поломка направляющей кромки, где величина наибольшей деформации составляет 105 МПа.

При компьютерном моделировании таких перемещений (18...23 мм) не наблюдается. Однако отмечаются растягивающие перемещения по большей стороне и сжимающие – по меньшей. На этом этапе было принято решение, увеличить толщину стенки с 2,45 до 3,3 мм по большей стороне. Полученные результаты говорят о приемлемости такого решения.

Для решения вопроса о том, как обеспечить лучший контакт инструмента с заготовкой в области углов (см. рис. 4, д), исследовано напряженно-деформированное состояние инструмента, во внутренней полости которого имеются дополнительные выемки радиусом 1 мм (рис. 6).

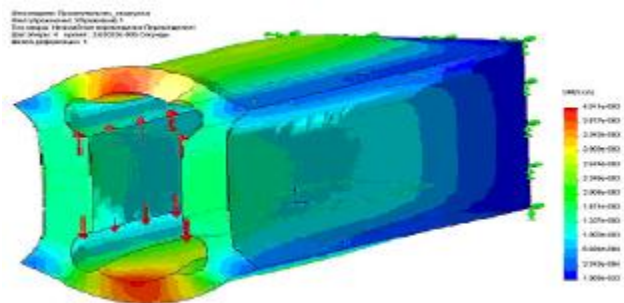


Рис. 6. Напряженно-деформированное состояние ЭИ с полостью в виде пирамиды и дополнительными отверстиями в углах

После проведения компьютерного моделирования с помощью программ SolidWorks, CosmosWorks были сделаны выводы, что эти программы могут быть использованы при расчете напряженно-деформированного состояния инструмента, но графическое представление результатов такого расчета не соответствует действительности, что явно заметно на рис. 6. Проведенное компьютерное моделирование в среде ANSYS (рис. 7...9) позволило добиться того, что перемещения по сторонам инструмента стали отличаться на 0,02 мм, а в углах и середине они снизились от 0,003 43 до $1 \cdot 10^{-30}$ мм от исходного положения.

Результаты компьютерного моделирования в среде ANSYS также показали, что эластичный полировальный инструмент с полостями в виде усеченной пирамиды, в углах которой имеются дополнительные отверстия радиусом 1 мм (рис. 4, д и рис. 10), был признан оптимальным для абразивного полирования волноводов прямоугольного сечения.

Таким образом, при разработке технологического процесса абразивного полирования уже на этапе про-

ектирования можно оценить элементы конструкции эластичного инструмента, режимы полирования, провести его виртуальные испытания и изменить параметры без каких-либо дополнительных материальных затрат.

Библиографический список

1. Способ абразивного полирования отверстий некруглого сечения эластичным инструментом : заявка на изобретение / Л. В. Зверинцева, С. К. Сысоев. Иск. № 2008111549 ; заявл. 25.03.2008.

2. Зверинцева, Л. В. Инструмент для абразивного полирования внутренней поверхности волноводов космических аппаратов / Л. В. Зверинцева // Вестник СибГАУ. 2008. Вып. 1(18). С. 162–166.

3. Boonstra, B. / B. Boonstra // Rubb. Chem. Technol. 1951. Vol. 24, № 1. P. 70.

4. Зубчанинов, В. Г. Основы теории упругости и пластичности : учебник для машиностроит. спец. вузов / В. Г. Зубчанинов. М. : Высш. шк., 1990.

5. Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов и др. СПб. : БХВ-Петербург, 2005.

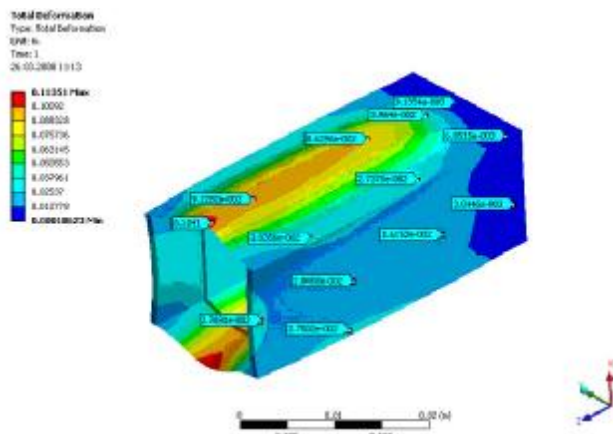


Рис. 7. Пример суммарной деформации инструмента

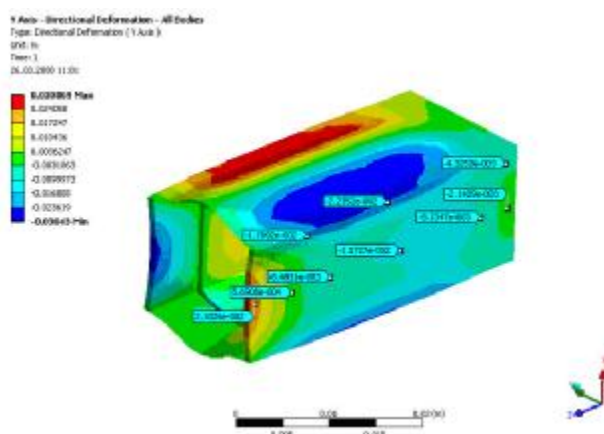


Рис. 8. Напряженно-деформированное состояние ЭИ с одинаковой толщиной стенок

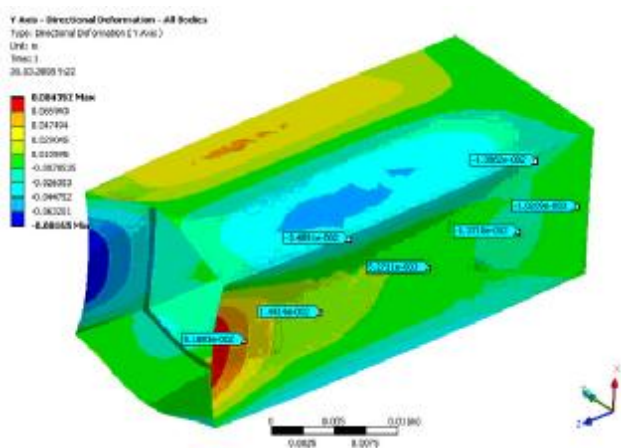


Рис. 9. Напряженно-деформированное состояние ЭИ с разной толщиной стенок

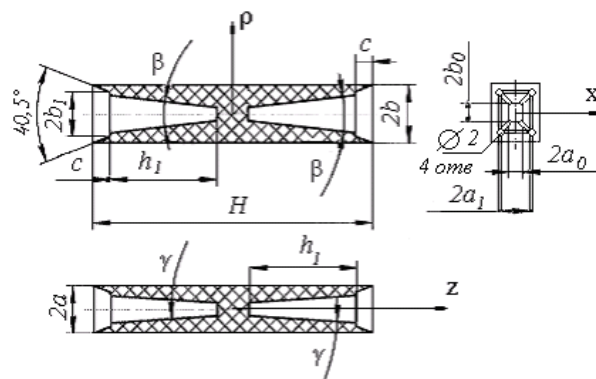


Рис. 10. Инструмент из полиуретана с полостями в виде усеченной пирамиды, в углах которой имеются дополнительные выемки радиусом 1 мм

L. V. Zverintseva

COMPUTER MODELLING OF THE ELASTIC TOOL FOR POLISHING WAVE GUIDES

The diamond elastic tool used for polishing internal surfaces of wave guides is investigated and checked with the help of computer programs Solid Works, Cosmos Works by computer modeling in ANSYS environment. Similar software products application allows to determine tensely-deformed condition of tools and to choose an optimum design.

Keywords: roughness, burnishing, flexible tools, simulation, diamond tools.

ГЕНЕРАЦИЯ И НАКОПЛЕНИЕ ВАКАНСИЙ В КРИСТАЛЛЕ, ВЫРАЩИВАЕМОМ ИЗ РАСПЛАВА

Предложена модель образования вакансий в кристалле, выращиваемом из расплава, в результате его неплотной упаковки при кристаллизации. Рассчитана зависимость концентрации вакансий от скорости вытягивания слитка из расплава v_c , градиента температур на фронте кристаллизации G и параметров диффузионно-дрейфового переноса вакансий в горячей зоне кристалла. Показано, что вакансионный рост кристалла происходит, если параметр Воронкова $\xi = \frac{v_c}{G} > \xi_i$, где $\xi_i = \frac{\eta}{1-\eta} \frac{\varepsilon_{ls} \cdot D_{ls}}{kT^2}$, здесь $\eta = \frac{N_l^0}{N_s^0}$, N_l^0 и N_s^0 – термодинамические равновесные концентрации атомов в расплаве и кристалле соответственно, ε_{ls} – энергия кристаллизации атомов, D_{ls} – коэффициент диффузии на границе «расплав–кристалл». Предложенная модель позволяет провести оценки режимов роста слитка из расплава.

Ключевые слова: кристалл, вакансия, междоузельный атом, кристаллизация

Концентрации собственных точечных дефектов (СТД) в монокристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского, на много порядков превышают их термодинамически равновесные значения, вычисленные с учетом энергии образования пары Френкеля [1]. В зависимости от скоростных и температурных режимов роста возникает асимметрия между концентрациями компонентов СТД (вакансий и междоузельных атомов), определяемая, как показано в [2; 3], отношением $\xi = \frac{v_c}{G}$, где v_c – скорость роста слитка; G – градиент температур на границе «расплав–кристалл».

Анализ пересекающихся потоков вакансий и междоузельных атомов с учетом их генерационно-рекомбинационного взаимодействия, приведенный в [2], показал, что остаточная разность концентрации вакансий C_V и междоузельных атомов C_I в объеме кристалла может быть оценена по формуле

$$C_i - C_V = C_{im} \frac{1 - \xi / \xi_i}{1 + \xi / \xi_0}, \quad (1)$$

где C_{im} – равновесная концентрация пар Френкеля в горячей зоне кристалла, прилегающей к расплаву; ξ_i и ξ_0 – полуэмпирические параметры: $\xi_i = 3,3\xi_0 = 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{К} \cdot \text{с})$.

В дальнейшем для определения ξ_i было получено выражение [1]

$$\xi_i = \frac{D_{im} C_{im} (\varepsilon - \tau_i) - D_{Vm} C_{Vm} (\varepsilon - \tau_V)}{kT^2 (C_{Vm} - C_{im})}, \quad (2)$$

где C_{im} и C_{Vm} , D_{im} и D_{Vm} , τ_i и τ_V – концентрации, коэффициенты диффузии и энергии миграции междоузельных атомов и вакансий в горячей зоне кристалла соответственно; ε – энергия тепловой генерации пар Френкеля; k – постоянная Больцмана; T – температура.

В соответствии с (1) различают режимы роста кристалла по параметру ξ [1]: при $\xi < \xi_i$ в объеме кристалла накапливаются дефекты междоузельного А- и В-типов, а при $\xi > \xi_i$ преобладают дефекты вакансионного Д-типа [3]. Эти выводы сделаны на основе анализа явлений переноса вакансий и междоузельных атомов в растущем кристалле. Однако параметр ξ_i определяется не только процессами генерации и переноса компонентов СТД в горячей зоне кристалла, но и соответствующими процессами

в расплаве и на границе «расплав–кристалл» (l/s -границе). В частности, при кристаллизации на l/s -границе образуется свободный объем, обусловленный упаковкой атомов с коэффициентом упаковки

$$\eta = \frac{N_l^0}{N_s^0}, \quad (3)$$

где N_l^0 и N_s^0 – термодинамически равновесные концентрации собственных атомов среды в расплаве (l -фазе) и кристалле (s -фазе) соответственно, т. е. при упаковке атомов происходит генерация вакансий, которые в идеальном случае растворяются в расплаве, практически не изменяя его плотность. В действительности же в зависимости от режимов кристаллизации часть вакансий встраивается в кристалл, участвуя в квазихимических процессах переноса и образования дефектов примесно-вакансионного типа.

Введем следующие обозначения концентраций вакансий в расплаве и кристалле:

$$C_l = N_l^0 - N_l \text{ и } C_s = N_s^0 - N_s, \quad (4)$$

где N_l и N_s – действительные концентрации атомов в расплаве и в кристалле. Тогда поток атомов из l -фазы в s -фазу при кристаллизации может быть описан выражением

$$j_{ls}(a) = \lambda(v_{ls} \cdot N_l - \mu_{sl} \cdot N_s), \quad (5)$$

где v_{ls} и μ_{sl} – соответственно частоты перескоков атомов из расплава в кристалл и обратно; λ – расстояние перескока.

Уравнение (5) с учетом (4) может быть приведено к виду

$$j_{ls}(a) = j_{ls}^0(a) - j_{ls}(V). \quad (6)$$

Здесь

$$j_{ls}^0(a) = \lambda(v_{ls} \cdot N_l^0 - \mu_{sl} \cdot N_s^0) = N_s^0 \lambda(\eta v_{ls} - \mu_{sl}) \quad (7)$$

представляет собой поток атомов, а

$$j_{ls(V)} = \lambda(v_{ls} \cdot C_l - \mu_{sl} \cdot C_s) - \quad (8)$$

поток вакансий через l/s -границу.

По аналогии с выражением (6) для потоков атомов в расплаве и кристалле можно записать

$$j_l(a) = j_l^0(a) - j_l(V), \quad (9)$$

$$j_s(a) = j_s^0(a) - j_s(V), \quad (10)$$

где $j_l^0(a)$ и $j_s^0(a)$ – безвакансионные потоки атомов в расплаве и кристалле, которые могут быть выражены через конвективные скорости v_l^0 и v_s^0 по формулам

$$j_l^0(a) = N_l^0 \cdot v_l^0, \quad j_s^0(a) = N_s^0 \cdot v_s^0. \quad (11)$$

При этом v_l^0 определяется гидродинамикой расплава, а $v_s^0 \equiv v_c$ – скоростью вытягивания слитка, равной скорости роста кристалла.

В отличие от этого вакансии как подвижные квазичастицы совершают также диффузионно-дрейфовые перемещения в l - и s -фазах, и поэтому для их потоков следует записать более общие выражения:

$$j_l(V) = A_l C_l, \quad j_s(V) = A_s C_s. \quad (12)$$

Здесь скоростные факторы A_l и A_s определяются не только конвективными скоростями l - и s -фаз (v_l^0 и v_s^0), но и скоростями онзагеровского переноса, пропорциональными термодинамическим силам, в том числе градиенту температур (см. приложение).

Из условия непрерывности потоков атомов кристаллизующейся среды

$$j_l(a) = j_{ls}(a) = j_s(a) \quad (13)$$

с учетом приведенных выше уравнений находим

$$j_s(V) - j_l(V) = g, \quad (14)$$

$$j_s(V) - j_{ls}(V) = g_s, \quad (15)$$

где

$$g = j_s^0(a) - j_l^0(a) = (v_c - \eta v_l^0) N_s^0; \quad (16)$$

$$g_s = j_s^0(a) - j_{ls}^0(a) = (v_c + \lambda \mu_{sl} - \eta \lambda v_{ls}) N_s^0. \quad (17)$$

Величины g и g_s мы можем интерпретировать как скорости генерации вакансий в расплаве ($g_l = g - g_s$) и кристалле g_s , связанные с упаковкой атомов при их кристаллизации.

Уравнения (14) и (15) с учетом (8) и (12) перепишутся в виде

$$A_s C_s - A_l C_l = g,$$

$$(A_s + \lambda \mu_{sl}) C_s - \lambda v_{ls} C_l = g_s,$$

откуда

$$C_l = \frac{A_s g_s - (A_s + \lambda \mu_{sl}) g}{A_l (A_s + \lambda \mu_{sl}) - \lambda v_{ls} A_s}, \quad (18)$$

$$C_l = \frac{A_l g_s - \lambda v_{ls} g}{A_l (A_s + \lambda \mu_{sl}) - \lambda v_{ls} A_s}. \quad (19)$$

Чтобы не происходило накопления вакансий в расплаве у l/s -границы до отрыва слитка от расплава, скоростной режим роста должен обеспечивать хорошее перемешивание расплава, выражаемое условием

$$A_l \gg \lambda v_{ls}.$$

В этом приближении из (19) следует

$$C_s \approx \frac{g_s}{A_s + \lambda \mu_{sl}}. \quad (20)$$

Введем коэффициент распределения вакансий между горячей зоной кристалла C_s и его объемом $C_s(d)$:

$$K_s = \frac{C_s(d)}{C_s}. \quad (21)$$

Тогда, как показано в приложении (см. формулу (10)),

$$A_s = \frac{(1 - \Gamma_s K_s) v_s}{1 - \Gamma_s}, \quad (22)$$

где

$$\Gamma_s = \exp(-\Delta_s), \quad \Delta_s = \int_0^d \frac{F_s dx}{kT}; \quad (23)$$

d – толщина активного (горячего) слоя в кристалле; F_s – термодинамические силы, действующие на вакансию в этом слое.

Из условия непрерывности потока вакансий в объеме (14), (15), где $j_s(V) = v_c C_s(d)$, и их потока у l/s -границы (12) с помощью приведенных выше формул и опреде-

ления доли пустых узлов в объеме кристалла $f_s = \frac{C_s(d)}{N_s^0}$

получим

$$f_s = \frac{[v_c - \lambda v_{ls} (\eta - \Gamma_{ls})] K_s}{a_s (1 - K_s \Gamma_s) + \lambda \mu_{sl}}, \quad (24)$$

где

$$a_s = \frac{A_s}{(1 - K_s \Gamma_s)};$$

$$\Gamma_{ls} = \frac{\mu_{sl}}{v_{ls}} = \Gamma_{ls}^0 e^{-\Delta_{ls}}; \quad (25)$$

$$\Delta_{ls} = \frac{\varepsilon_{ls}}{kT} + \frac{v_c + v_0}{\lambda v_{ls}}; \quad (26)$$

ε_{ls} – энергия кристаллизации атомов; Γ_{ls}^0 – энтропийный фактор, связанный с различием атомных конфигураций в расплаве и в кристалле.

Напомним, что параметр η является коэффициентом упаковки атомов (3), но с другой стороны – это константа термодинамического равновесия системы «расплав–кристалл», в связи с чем

$$\eta = \Gamma_{ls}^0 e^{\frac{\varepsilon_{ls}}{kT}} \quad (27)$$

и

$$\Gamma_{ls} = \eta \cdot e^{\frac{v_c + v_0}{\lambda v_{ls}}}. \quad (28)$$

Можно показать, что при любых доступных скоростях роста кристалла v_c и достижимых градиентах темпера-

тур, для которых $v_0 = |G| \frac{\partial D_{ls}}{\partial T}$ сопоставима с v_c , с хоро-

шей точностью выполняется неравенство $\left| \frac{v_c + v_0}{\lambda v_{ls}} \right| \ll 1$.

В этом приближении выражение (24) перепишется в виде

$$f_s = \frac{[(1 - \eta) v_c - \eta v_0] K_s}{a_s (1 - K_s \Gamma_s) + \lambda \mu_{sl}}. \quad (29)$$

Отсюда следует, что рост кристалла будет вакансионным ($f_s > 0$), если скорость роста v_c будет превышать v_{in}

на фактор $\frac{\eta}{1 - \eta}$:

$$v_c > \frac{\eta}{1 - \eta} v_0.$$

Учитывая определение v_{in} , перепишем это условие в виде

$$\xi = \frac{v_c}{|G|} \geq \frac{\eta}{1 - \eta} \cdot \frac{\varepsilon_{ls} \cdot D_{ls}}{kT^2} = \xi_i. \quad (30)$$

Если отождествить ξ_i с параметром Воронкова $\xi_i = 3 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/(\text{К} \cdot \text{с})$ [1], то непротиворечивым подбором

параметров $\varepsilon_{ls} \approx 0,5 \dots 1$ эВ, $\eta \approx 0,9$ и $D_{ls} \approx (10^{-4} \dots 10^{-5})$ см²/с можно удовлетворить условию (30), которое будет интерпретироваться как условие вакансионного роста кристалла. Отсюда следует, что вакансии в растущем кристалле появляются не только за счет их тепловой генерации в горячей зоне кристалла в составе пар Френкеля, но и в результате неплотной упаковки атомов при кристаллизации.

Таким образом, предложенная в данной статье модель позволяет провести по формуле (29) оценки режимов роста слитка из расплава.

Библиографический список

1. Voronkov, V. V. Vacancy and self-interstitial concentration incorporated into growing silicon crystals / V. V. Voronkov, R. Falster // J. Appl. Phys. 1999. Vol. 86. P. 5975–5982.
2. Voronkov, V. V. The mechanism of swirl defect formation in Silicon / V. V. Voronkov // J. Crystal Growth. 1982. Vol. 59. P. 625–643.
3. Воронков, В. В. Образование дефектов в кристалле кремния / В. В. Воронков // Кристаллография. 1984. Т. 29. С. 688–709.
4. Пузанов, Н. И. Классификация ростовых дефектов в кристаллах кремния, выращенных по методу Чохральского / Н. И. Пузанов, А. М. Эйдензон // Неорг. материалы. 1995. Т. 31. С. 435–443.

Приложение

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ФОРМА ДИФфуЗИОННО-ДРЕЙФОВОГО ПОТОКА ЧАСТИЦ

Рассматривая известное выражение для диффузионно-дрейфового потока частиц

$$j = c \cdot v - D \frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

как дифференциальное уравнение для определения концентрации частиц $C(x)$ при заданных потоке $j(x)$, скорости переноса $v(x)$ и коэффициенте диффузии $D(x)$, запишем его решение

$$C(x) = \left[C_0 - \int_0^x j e^{-\Delta(x)} \frac{dx}{D} \right] e^{\Delta(x)}, \quad (2)$$

где

$$\Delta(x) = \int_0^x \frac{v}{D} dx. \quad (3)$$

В стационарном режиме на ограниченном участке $0 \leq x \leq l$ поток частиц постоянен и это позволяет выразить его с помощью (2) через концентрации C_0 и C_l в следующем виде:

$$j = aC_0 - bC_l, \quad (4)$$

где

$$b = a e^{-\Delta(l)} = a \cdot \Gamma_l; \quad (5)$$

$$a^{-1} = \int_0^l e^{-\Delta(x)} \frac{dx}{D} = \int_0^l \Gamma_x \frac{dx}{D}. \quad (6)$$

Из (4) при отсутствии градиента концентраций, когда $C_0 = C_l = C$, имеем $j = (a - b)C = vC$. В этом приближении, когда $a - b = v$, с учетом (5) получим

$$a = \frac{v}{1 - e^{-\Delta(l)}} = \frac{v}{1 - \Gamma_l}. \quad (7)$$

При наличии градиента температур $G = \frac{\partial T}{\partial x}$ и силовых полей F общая (суммарная) скорость потока частиц будет иметь вид

$$v = v_c + v_d + v_n, \quad (8)$$

где v_c – конвективная скорость переноса среды; $v_d = U \cdot F$ – дрейфовая скорость; $v_n = \frac{\partial D}{\partial x} = \frac{\partial D}{\partial T} G$ – скорость переноса, обусловленная градиентом температур.

Введем коэффициент распределения частиц у границ $x = 0$ и $x = l$

$$K = \frac{C_l}{C_0}. \quad (9)$$

Тогда уравнение (4) можно представить в виде

$$j = A_l \cdot C_0, \quad (10)$$

где $A_l = \frac{(1 - \Gamma_l K)v}{1 - \Gamma_l}$.

V. M. Lenchenko, Yu. Yu. Loginov

GENERATION AND ACCUMULATION OF VACANCIES IN A CRYSTAL GROWN UP FROM MELT

The model of the vacancies formation in a crystal grown up from melt, as a result of its leaky packing at crystallization is offered. The dependence of the vacancies concentration from growth rate of an ingot from melt (v), a gradient of temperatures at the front of crystallization (G) and parameters of diffusion and drift carrying over of vacancies in a hot zone of a crystal is calculated. It is shown that the vacancy crystal growth occurs, if Voronkov parameter ξ is $\frac{v_c}{G} > \xi_i$, where ξ_i is $\frac{\eta}{1-\eta} \cdot \frac{\varepsilon_{ls} \cdot D_{ls}}{kT^2}$, η is $\frac{N_l^0}{N_s^0}$ and N_l^0 , N_s^0 are thermodynamic equilibrium concentration of atoms in melt and a crystal accordingly, ε_{ls} is an energy of crystallization of atoms, D_{ls} is a diffusion factor on a border of melt and crystal. The offered model allows to estimate modes of an ingot growth from melt.

Keywords: crystal, vacancy, interstitial atom, crystallization.

© Ленченко В. М., Логинов Ю. Ю., 2009

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННЫХ ЛИНИЙ ПОТОКА ПРИ РАЗВОРОТЕ ПОТОКА

Рассмотрен разностно-характеристический способ интегрирования параболической системы квазилинейных дифференциальных уравнений импульсов пространственного пограничного слоя при течении в круговом секторе. Отмечено удовлетворительное совпадение результатов численной и экспериментальной визуализации донных линий тока.

Ключевые слова: пространственный пограничный слой, уравнения импульсов, дифференциальное соотношение, визуализация донных линий тока.

Значительный круг задач, рассматривающих течение рабочего тела в проточной части лопаточных машин, связан с необходимостью интегрирования уравнений пограничного слоя по сложной криволинейной поверхности с поперечным градиентом давления. Наиболее верные и продуктивные шаги в этом направлении были сделаны Г. Ю. Степановым [1] и С. Н. Шкарбулем [2], построившим свои гипотезы на анализе сил, действующих на элементарный объем жидкости при повороте. Однако отсутствие обоснования коэффициентов Ламе для рассмотренных ими каналов, а также то, что ядро потока принимается потенциальным (безвихревым), не дает возможности адаптировать уравнения для случая произвольного закона распределения скоростей и давлений в ядре потока. Для эффективного выбора метода решения и построения расчетного алгоритма необходимо привести систему уравнений импульсов пространственного пограничного слоя (ППС) к виду, определенному по переменным и позволяющему вести как численное, так и аналитическое интегрирование. Общий вид уравнений пространственного пограничного слоя [3] в естественной системе координат

$$\begin{aligned} & \frac{1}{H_\phi} \frac{\partial \delta_\phi^{**}}{\partial \phi} + \frac{1}{H_\phi U} \frac{\partial U}{\partial \phi} (2\delta_\phi^{**} + \delta_\phi^* - \delta) + \\ & + \frac{1}{H_\psi} \frac{\partial \delta_{\phi\psi}^{**}}{\partial \psi} + \frac{1}{H_\psi U} \frac{\partial U}{\partial \psi} \times \\ & \times (2\delta_{\phi\psi}^{**} - \delta_\psi) + \frac{1}{H_\phi H_\psi} \frac{\partial H_\phi}{\partial \psi} (2\delta_{\phi\psi}^{**} - \delta_\psi^*) = \\ & = \frac{1}{\rho H_\phi U^2} \frac{\partial p}{\partial \phi} \delta + \frac{\tau_{o\phi}}{\rho U^2}, \\ & \frac{1}{H_\psi} \frac{\partial \delta_\psi^{**}}{\partial \psi} + \frac{1}{H_\phi} \frac{\partial \delta_{\psi\phi}^{**}}{\partial \phi} + \frac{2\delta_{\psi\phi}^{**}}{H_\phi U} \frac{\partial U}{\partial \phi} + \\ & + \frac{2\delta_\psi^{**}}{H_\psi U} \frac{\partial U}{\partial \psi} + \frac{2\delta_{\psi\phi}^{**}}{H_\phi H_\psi} \frac{\partial H_\psi}{\partial \phi} + \\ & + \frac{1}{H_\phi H_\psi} \frac{\partial H_\phi}{\partial \psi} (\delta_\psi^{**} + \delta_\phi^{**} + \delta_\phi^* - \delta) = \\ & = \frac{-1}{\rho H_\psi U^2} \frac{\partial p}{\partial \psi} \delta - \frac{\tau_{o\psi}}{\rho U^2} \end{aligned} \quad (1)$$

не позволяет провести интегрирование, поскольку число неизвестных функций здесь превышает число уравнений.

Воспользуемся известным приемом и введем относительные существенно положительные величины (характерные

толщины ППС) [1], которые для практических расчетов в безотрывной зоне считаются постоянными величинами:

$$\begin{aligned} H &= \frac{\delta_\phi^*}{\delta_\phi^{**}}, \quad I = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\phi\psi}^{**}}{\delta_\phi^{**}}, \quad K = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_\psi^*}{\delta_\phi^{**}}, \\ L &= \frac{1}{\varepsilon^2} \frac{\delta_\psi^{**}}{\delta_\phi^{**}}, \quad M = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\phi}^{**}}{\delta_\phi^{**}}, \quad N = \frac{\delta}{\delta_\phi^{**}}, \end{aligned}$$

где δ_ϕ^{**} – толщина потери импульса в направлении ϕ (вдоль линии тока); $\varepsilon = \tan \theta_0 = \frac{\tau_{0\psi}}{\tau_{0\phi}}$ – тангенс угла скоса донной линии тока; $\delta_{\phi\psi}^{**}$, δ_ψ^{**} , $\delta_{\psi\phi}^{**}$ – характерные толщины потерь импульсов; δ_ϕ^* , δ_ψ^* – толщины вытеснения в проекциях на оси естественной системы координат (продольной ϕ и поперечной ψ); δ_ϕ , δ_ψ – толщины ППС в проекциях на оси естественной системы координат [3].

В естественной системе координат координатная линия ϕ совпадает с проекцией предельной линии тока на стенке, а координатная линия ψ ортогональна ϕ . Дифференциал дуги координатной линии равен дифференциалу по аргументу $dS_i = H_i dq_i$, следовательно в естественных координатах, привязанных к известным линиям тока, коэффициенты Ламе $H_\phi = H_\psi = 1$. В результате преобразований получаем систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \delta_\phi^{**}}{\partial \phi} + I \varepsilon \frac{\partial \delta_\phi^{**}}{\partial \psi} + I \delta_\phi^{**} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \psi} = \\ & = \left[\frac{N}{\rho U^2} \frac{\partial p}{\partial \phi} \delta_\phi^{**} - (2 + H - N) \frac{\delta_\phi^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} - \right. \\ & \left. - (2I - K) \frac{\varepsilon \delta_\phi^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} + T(U; \delta_\phi^{**}; \nu) \right], \\ & M \varepsilon \frac{\partial \delta_\phi^{**}}{\partial \phi} + L \varepsilon^2 \frac{\partial \delta_\phi^{**}}{\partial \psi} + \\ & + M \delta_\phi^{**} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \phi} + 2L \delta_\phi^{**} \varepsilon \frac{\partial \varepsilon}{\partial \psi} = \\ & = - \left[\frac{N}{\rho U^2} \frac{\partial p}{\partial \psi} \delta_\phi^{**} + \frac{2L \varepsilon^2 \delta_\phi^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} + \right. \\ & \left. + \frac{2M \varepsilon \delta_\phi^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} + \varepsilon T(U; \delta_\phi^{**}; \nu) \right], \end{aligned} \quad (2)$$

где принятый закон трения $T(U; \delta_\phi^{**}; \nu) = \frac{\tau_{0\phi}}{\rho U^2}$. Для турбулентного распределения скорости

$$\frac{u}{U} = \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{7}}$$

закон трения записывается в виде [5]

$$T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu) = \frac{\tau_{o\phi}}{\rho U^2} = 0,01256 \left(\frac{U \delta_{\phi}^{**}}{\nu} \right)^{-0,25}. \quad (3)$$

Система (2) принадлежит к виду квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных [4]. Дискриминант характеристического уравнения (2) имеет вид

$$D = 4L\epsilon^2 (\delta_{\phi}^{**})^2 (L - MI),$$

следовательно эта система относится к эллиптическому, параболическому или гиперболическому типам, если величина $L/(MI)$ меньше, равна или больше единицы соответственно. Для различных профилей скорости эта величина близка к единице [1].

В случае параболичности у системы уравнений импульсов (2) существует одно семейство характеристик

$$\lambda = \frac{d\psi}{d\phi} = I\epsilon, \quad (4)$$

а дифференциальное соотношение на характеристике имеет вид

$$\begin{aligned} M \frac{d\epsilon}{d\phi} = & -MN \frac{\epsilon}{\rho U^2} \frac{\partial p}{\partial \phi} - \\ & - \frac{N}{\rho U^2} \frac{\partial p}{\partial \psi} - (N - H) \frac{M\epsilon}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} - \\ & - \frac{KM\epsilon^2}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} - (M + 1) \frac{\epsilon}{\delta_{\phi}^{**}} T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu). \end{aligned} \quad (5)$$

Во многих случаях потенциального течения в ядре потока удобнее использовать несколько упрощенную запись уравнений импульсов (2) и дифференциального соотношения (5).

Во внешнем безвихревом потоке

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \phi} = \frac{U \partial U}{\partial \phi}, \quad -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial \psi} = \frac{U \partial U}{\partial \psi}.$$

Подставим эти выражения в (2) и (5) и получим уравнение импульсов ППС в случае потенциального ядра потока

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial \phi} + I\epsilon \frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial \psi} + I\delta_{\phi}^{**} \frac{\partial \epsilon}{\partial \psi} = \\ & = \left[-(2 + H) \frac{\delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} - (2I - K) \times \right. \\ & \quad \left. \times \frac{\epsilon \delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} + T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu) \right], \\ & M\epsilon \frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial \phi} + L\epsilon^2 \frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial \psi} + \\ & + M\delta_{\phi}^{**} \frac{\partial \epsilon}{\partial \phi} + 2L\delta_{\phi}^{**} \epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial \psi} = \\ & = - \left[(2L\epsilon^2 - N) \frac{\delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} + \right. \\ & \quad \left. + \frac{2M\epsilon \delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} + \epsilon T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu) \right] \end{aligned}$$

и дифференциальное соотношение

$$\begin{aligned} M \frac{d\epsilon}{d\phi} = & \frac{MH\epsilon}{U} \frac{\partial U}{\partial \phi} + (N - KM\epsilon^2) \times \\ & \times \frac{1}{U} \frac{\partial U}{\partial \psi} - (M + 1) \frac{\epsilon}{\delta_{\phi}^{**}} T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu), \end{aligned} \quad (7)$$

где ϵ – тангенс угла скоса донной линии тока, $\epsilon = \tan \theta_0$.

Дифференциальное уравнение (7) выражает зависимость ϵ от ϕ и δ_{ϕ}^{**} вдоль характеристик.

Для потенциального течения в круговом секторе сделаем некоторые допущения. Скорость потока вдоль линии тока не изменяется:

$$\frac{\partial U}{\partial \phi} = 0.$$

Распределение скорости по радиусу подчиняется закону свободного вихря $UR = C$, тогда

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} = -\frac{\partial U}{\partial R} = -\frac{d}{dR} \left(\frac{C}{R} \right) = \frac{2C}{R^2}.$$

Для решения используем комбинированный метод, совмещающий метод конечных разностей и метод характеристик. Система уравнений записывается в конечных разностях с учетом принятых выше допущений и включает уравнение характеристик

$$\Delta\psi = I\epsilon\Delta\phi = I\epsilon R\Delta\alpha, \quad (8)$$

дифференциальное соотношение на характеристике

$$\begin{aligned} \Delta\epsilon = & \left[H \frac{\epsilon}{U} \frac{\Delta U}{\Delta\phi} + (N - KM\epsilon^2) \frac{1}{MU} \frac{\Delta U}{\Delta\psi} - \right. \\ & \left. - \frac{M + 1}{M} \frac{\epsilon}{\delta_{\phi}^{**}} T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu) \right] \Delta\phi \end{aligned} \quad (9)$$

и уравнение импульсов

$$\begin{aligned} \Delta\delta_{\phi}^{**} = & \left[(K - 2I) \frac{\epsilon \delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\Delta U}{\Delta\psi} - (2 + H) \frac{\delta_{\phi}^{**}}{U} \frac{\Delta U}{\Delta\phi} + \right. \\ & \left. + T(U; \delta_{\phi}^{**}; \nu) - I\epsilon \frac{\Delta\delta_{\phi}^{**}}{\Delta\psi} - I\delta_{\phi}^{**} \frac{\Delta\epsilon}{\Delta\psi} \right] \Delta\phi. \end{aligned} \quad (10)$$

Численное интегрирование выполняется следующим образом (рис. 1).

В области решения $ABCD$ определяются поля скоростей, линии тока и строятся естественные координаты ϕ и ψ . На входе в область (кривая AB) задаются значения ϵ_0 и $(\delta_{\phi}^{**})_0$. По выражению (8) находятся точки пересечения характеристик, выходящих из узлов в плоскости $\phi(0)$ с плоскостью $\phi(1)$: $\Delta\psi_{00}, \Delta\psi_{01}, \Delta\psi_{02}, \dots$. Отметим, что эти точки не совпадают с узлами на линии тока в плоскости $\phi(1)$ (см. рис. 1).

По выражению (9) определяются приращения вдоль каждой характеристики:

$$\Delta\epsilon_{00}, \Delta\epsilon_{01}, \Delta\epsilon_{02}, \dots$$

(6) Значения ϵ в плоскости $\phi(1)$ находятся по выражениям

$$(\epsilon_{10})' = \epsilon_{00} + \Delta\epsilon_{00}, (\epsilon_{11})' = \epsilon_{01} + \Delta\epsilon_{01},$$

$$(\epsilon_{12})' = \epsilon_{02} + \Delta\epsilon_{02}, \dots$$

где обозначения для ϵ взяты со штрихом, поскольку точки пересечения характеристик с плоскостью $\phi(1)$ не совпадают с узлами.

Затем делается допущение о гладкости функции $\epsilon(R)$ (или $\epsilon(\psi)$), после чего выполняется коррекция значений,

т. е. определяются значения ε непосредственно в узлах:

$$\varepsilon_{10} = \frac{(\varepsilon_{10})' - (\varepsilon_{11})'}{\Delta R - (\Delta\psi_{00})' + (\Delta\psi_{01})'} (\Delta\psi_{00})' + (\varepsilon_{10})',$$

$$\varepsilon_{11} = \frac{(\varepsilon_{11})' - (\varepsilon_{12})'}{\Delta R - (\Delta\psi_{01})' + (\Delta\psi_{02})'} (\Delta\psi_{01})' + (\varepsilon_{11})', \dots$$

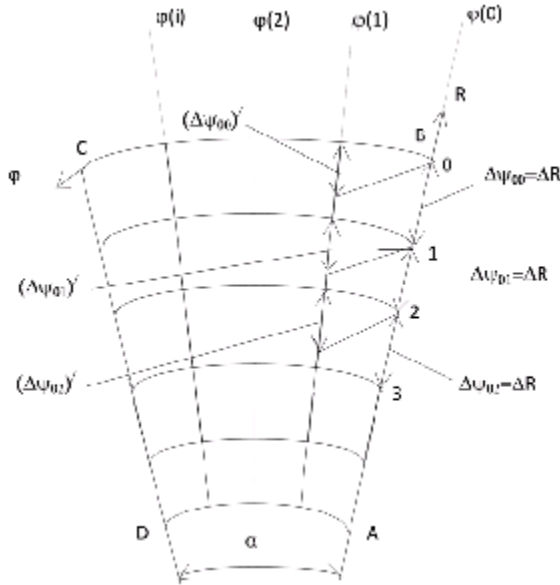


Рис. 1. Схема численного интегрирования

Приращение толщин потери импульса вдоль координатной линии ψ ($\psi = \text{const}$) рассчитывается по выражению (10). Поскольку

$$\frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial \psi} = - \frac{\partial \delta_{\phi}^{**}}{\partial R},$$

то разностные аналоги производной имеют вид

$$\left(\frac{\Delta \delta_{\phi}^{**}}{\Delta R} \right)_{00} = \frac{\delta_{\phi 00}^{**} - \delta_{\phi 01}^{**}}{\Delta R},$$

$$\left(\frac{\Delta \delta_{\phi}^{**}}{\Delta R} \right)_{01} = \frac{\delta_{\phi 01}^{**} - \delta_{\phi 02}^{**}}{\Delta R}, \dots$$

Таким же образом определяется и $\Delta \varepsilon / \Delta R$.

При нулевых начальных условиях: $(\delta_{\phi}^{**})_{0i} = 0$ – для старта решения при переходе $\alpha_0 \rightarrow \alpha_1$ необходимо использовать выражения для толщин потери импульса на плоской пластине [5]:

$$(\delta_{\phi}^{**})_{10} = 0,036 \Delta \phi_{00} \left(\frac{\Delta \phi_{00} U_{00}}{\nu} \right)^{-0,2},$$

$$(\delta_{\phi}^{**})_{11} = 0,036 \Delta \phi_{01} \left(\frac{\Delta \phi_{01} U_{01}}{\nu} \right)^{-0,2}, \dots$$

Это допущение вполне справедливо, поскольку $\varepsilon_{00} = 0$, а шаг интегрирования $\Delta \alpha \rightarrow 0$. Далее на переходе $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2$ используется выражение (10).

Результаты расчета представлены ниже (рис. 2...4).

Анализ полученных результатов показывает, что толщина потери импульса расслаивается в зависимости от радиуса линии тока. Тангенс угла скоса донной линии тока не зависит от радиуса и достигает величины насыщения $\varepsilon = 1,511$.

Справедливость принятых допущений подтверждается совпадением теоретических расчетов (рис. 4) с данными эксперимента по визуализации донных линий тока (рис. 5).

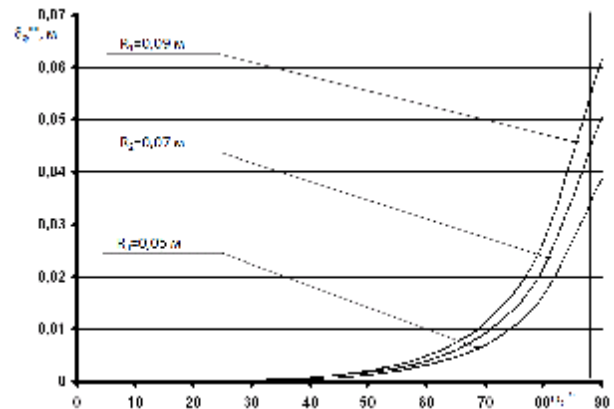


Рис. 2. Зависимость толщины потери импульса от угла поворота потока на круговом секторе с углом поворота потока 90° при скорости потока 25 м/с

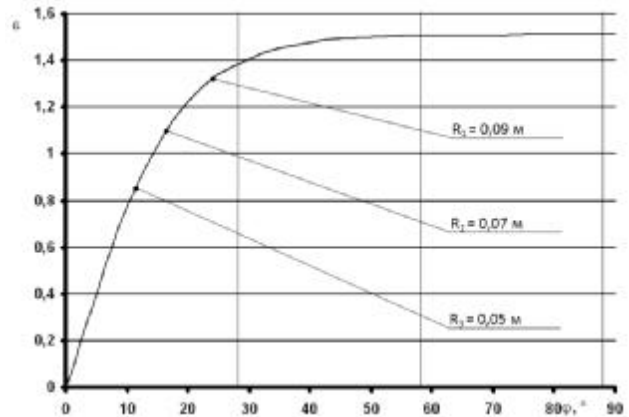


Рис. 3. Зависимость угла скоса донной линии тока от угла поворота потока (условия те же, что и на рис. 2)

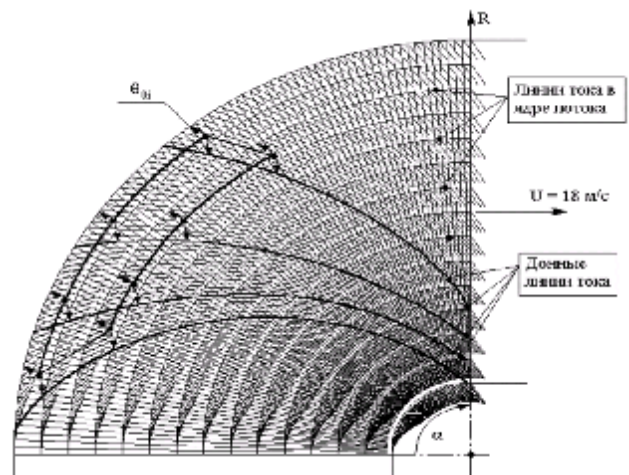


Рис. 4. Результаты теоретических исследований данных линий тока

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– получена форма записи уравнения импульсов и дифференциального соотношения на характеристике,

позволяющая вести интегрирование совмещенным разностно-характеристическим методом в естественной системе координат с произвольных начальных координат при течении в круговом секторе;

– расчетная и экспериментальная визуализация донных линий тока показывает, что угол скоса этой линии изменяется от нуля в прямолинейном потоке до предельного значения насыщения при повороте потока на криволинейном участке.

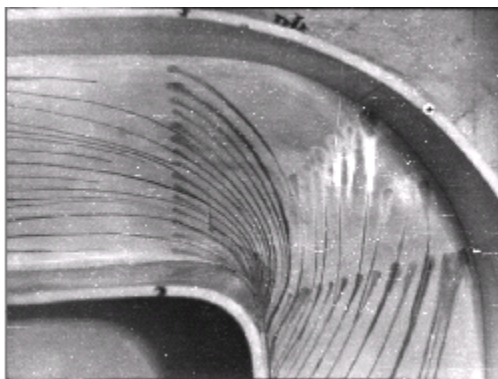


Рис. 5. Экспериментальная визуализация донных линий тока при течении в прямоугольном колене (скорость потока 18 м/с)

A. A. Kishkin, E. V. Chernenko, A. A. Zuev, V. S. Goroshko

BOTTOM FLOW LINES RESEARCH AT FLOW TURNING

A difference-characteristic integration method of parabolic quasi-linear differential equation system of impulses of three-dimensional boundary layer at flow on the circular sector is analyzed. A satisfactory fit of results of the computational and the experimental visualization of bottom flow lines is registered.

Keywords: *three-dimensional boundary layer; equations of impulses, differential relation, visualization of bottom flow lines.*

© Кишкин А. А., Черненко Е. В., Зуев А. А., Горошко В. С., 2009

УДК 681.332.53/519.676

Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин

ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ИНВАРИАНТНЫМ МЕТОДОМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Синтезирована инвариантная система обработки информации на основе квадратичной нелинейной обработки. При расчете параметров такой системы принято допущение, что отсчеты поднесущей зашумлены аддитивной помехой и некоррелированы между собой. Проведено сравнение количественных оценок работы данной системы с количественными показателями классической системы с амплитудной модуляцией и характеристиками инвариантной системы на основе расширенного синхронного детектирования.

Ключевые слова: *помехоустойчивость, инвариант, вероятность попарного перехода, отношение сигнал/шум.*

В работах [1–5] исследовались инвариантные системы передачи информации, которые имеют различные вероятности попарного перехода. Такие системы

Библиографический список

1. Степанов, Г. Ю. Гидродинамика решеток турбомашин / Г. Ю. Степанов. М. : Физматгиз, 1962.
2. Шкарбуль, С. Н. Анализ пространственного пограничного слоя в центробежном колесе турбомшины / С. Н. Шкарбуль, В. С. Вольчук // Энергомашиностроение. 1977. № 1.
3. Кишкин, А. А. Уравнения импульсов трехмерного пограничного слоя / А. А. Кишкин, Д. В. Черненко, Е. В. Черненко // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Серия «Технические науки». Новочеркасск, 2007. № 4.
4. Камке, Э. Справочник по дифференциальным уравнениям в частных производных первого порядка / Э. Камке. М. : Наука, 1966.
5. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. М. : Наука, 1969.

имеют существенно лучшие характеристики по сравнению с классическими системами амплитудной модуляции при комплексном воздействии помех. Выиг-

рыш в помехоустойчивости инвариантных систем объясняется тем, что модулирующий параметр вложен в отношение энергий информационного и обучающего сигналов.

Однако следует отметить, что поиски построения подобных инвариантных систем не прекращаются. Данная статья посвящена дальнейшему исследованию характеристик инвариантной системы при использовании квадратичного детектирования, которое является нелинейной обработкой сигналов.

Постановка задачи. Имеется канал связи, ограниченный частотами f_n и f_v . Временную динамику каналов с переменными параметрами можно условно разбить на интервалы стационарности, а затем рассматривать прием информационного и обучающего сигналов в пределах выделенных интервалов стационарности. Внутри этих интервалов действие мультипликативной помехи описывается постоянством коэффициента передачи $k(t)$ на определенной частоте. Алгоритм приема зависит от несущей частоты, задаваемой как средняя частота канала, амплитуда которой промодулирована поднесущей.

Каждый передаваемый блок будет содержать информационную часть и последовательность обучающих сигналов $S_{об}$. При этом количество элементов информационной последовательности, отнесенное к количеству элементов обучающей последовательности, будет

$$N_{инф} : N_{об} = \frac{2}{3} : \frac{1}{3}.$$

Из-за изменения параметров канала связи на информационные и обучающие сигналы воздействует аддитивная помеха.

Решение поставленной задачи. На приемной стороне обучающие сигналы усредняются и используются для демодуляции информационной части блока и уменьшения влияния аддитивных шумов канала связи.

Приемная часть инвариантной относительной амплитудной модуляции содержит синхронный детектор, состоящий из умножителя, ФАПЧ и ФНЧ, и спецвычислитель (рис. 1).

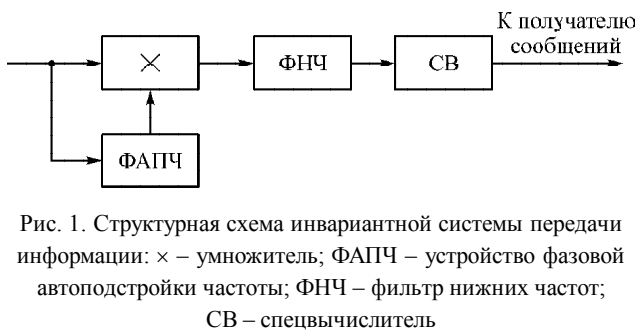


Рис. 1. Структурная схема инвариантной системы передачи информации: $\times$ – умножитель; ФАПЧ – устройство фазовой автоподстройки частоты; ФНЧ – фильтр нижних частот; СВ – спецвычислитель

В силу того что мультипликативная помеха одинаково воздействует на обе части каждого передаваемого блока, алгоритм демодуляции сигналов приема, с учетом выбранного способа обработки сигналов, будет заключаться в вычислении оценки инварианта.

Поскольку в вычислении оценки инварианта используется нелинейный квадратичный алгоритм, то справедливо следующее соотношение:

$$INV^{*2} = \frac{\sum_{i=1}^N (k \cdot INV_i \cdot S(i) + \xi(i))^2}{\frac{1}{L} \sum_{m=1}^L \sum_{j=1}^N (k \cdot S_{об} \cdot S(j) + \eta(m, j))^2} \times \times S_{об}^2 = \frac{A}{B}. \quad (1)$$

В числителе выражения (1) представлена сумма N квадратов мгновенных отсчетов сигнала информационной посылки. Информационный сигнал образован поднесущей вида

$$S(i) = A \sin(2\pi f_n \cdot \Delta t \cdot i),$$

где A – амплитуда; f_n – частота колебаний поднесущей; Δt – интервал дискретизации, и может быть представлен в виде

$$C(i) = k \cdot INV_i \cdot S(i) + \xi(i),$$

где $k \cdot INV_i \cdot S(i)$ – мгновенный отсчет сигнала информационной части блока, поступающего из канала; (i) – отсчеты аддитивной помехи, распределенные по нормальному закону; k – коэффициент передачи канала связи на интервале стационарности.

В знаменателе выражения (1) представлена сумма N квадратов мгновенных отсчетов сигнала обучающей посылки, образованного поднесущей

$$G(m) = k \cdot S_{об} \cdot S(i) + \eta(m, j),$$

где $\eta(m, j)$ – помеха в m -й реализации обучающего сигнала, распределенная по нормальному закону; $k \cdot S_{об} \cdot S(i)$ – мгновенный отсчет сигнала обучающей части блока, поступающего из канала; L – количество накоплений $G(m)$.

Без ограничения общности полагаем, что $S_{об} = 1$. Если $S_{об} \neq 1$, то все исходные параметры, а именно: INV_i и σ_ξ (среднеквадратическое отклонение помехи $\xi(i)$, $\eta(m, j)$), можно масштабировать на величину $S_{об}$.

Воспользуемся известным подходом к оценке вероятности попарного перехода, описанным формулой полной вероятности [6]:

$$P_{пер} = P_1 \int_0^{z_p^2} W_i(z) dz + P_i \int_{z_p^2}^{\infty} W_i(z) dz, \quad (2)$$

где $P_{пер}$ – вероятность перехода INV_1^2 в INV_i^2 и наоборот; P_1 – вероятность появления INV_1^2 ; P_i – вероятность появления INV_i^2 ; первый интеграл – вероятность появления INV_i^2 , когда послан INV_1^2 ; второй интеграл – вероятность появления INV_1^2 , когда послан INV_i^2 ; z_p^2 – пороговое значение, необходимое для вычисления $P_{пер}$. При известных P_1 и P_i оно определяется с помощью наилучшей байесовской оценки путем минимизации $P_{пер}$ по z_p^2 ; при неизвестных P_1 и P_i $P_1 = P_i = 0,5$. Анализ формулы (2) показывает, что для вычисления $P_{пер}$ необходимо знать аналитические выражения $W_1(z)$ и $W_i(z)$ плотности вероятности оценки инварианта.

При нелинейной обработке и вычислении величин инвариантов появляется смещение. Это смещение обусловлено тем, что в формуле (2) величины $W_1(z)$ и $W_i(z)$ вычисляются для квадратов инвариантов (смещенные квадраты инвариантов в экспликации к формуле (2) обозначены INV_1^2 и INV_i^2). Пороговое значение z_p в выражении (2) также возведено в квадрат.

На основании выражения (1) вычислим математические ожидания и дисперсии случайных величин A и B [7]:

– математическое ожидание числителя

$$m_A = \sum_{i=1}^N (k^2 \text{INV}_i^2 S(i)^2 + \sigma^2); \quad (3)$$

– математическое ожидание знаменателя

$$m_B = \sum_{i=1}^N (k^2 S(i)^2 + \sigma^2); \quad (4)$$

– дисперсия числителя

$$\begin{aligned} D_A &= \sum_{i=1}^N D(k \text{INV}_i S(i) + \xi(i))^2 = \\ &= \sum_{i=1}^N \left(E(k \text{INV}_i S(i) + \xi(i))^4 - \right. \\ &\quad \left. - (E(k \text{INV}_i S(i) + \xi(i))^2)^2 \right) = \\ &= \sum_{i=1}^N \left(k^4 \text{INV}_i^4 S(i)^4 + 6k^2 \text{INV}_i^2 S(i)^2 \sigma^2 + \right. \\ &\quad \left. + 3\sigma^4 - (k^2 \text{INV}_i^2 S(i)^2 + \sigma^2)^2 \right) = \\ &= \sum_{i=1}^N (4k^2 \text{INV}_i^2 S(i)^2 \sigma^2 + 2\sigma^4) = \\ &= 4k^2 \text{INV}_i^2 \sigma^2 \sum_{i=1}^N S(i)^2 + 2N\sigma^4; \end{aligned} \quad (5)$$

– дисперсия знаменателя

$$D_B = \frac{1}{L} \left(4k^2 \sigma^2 \sum_{i=1}^N S(i)^2 + 2N\sigma^4 \right). \quad (6)$$

Расчет частного двух случайных величин производится по формуле [7]:

$$W(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi\sigma_A\sigma_B} e^{-\frac{(zx-m_A)^2}{2\sigma_A^2}} e^{-\frac{(x-m_B)^2}{2\sigma_B^2}} |x| dx, \quad (7)$$

где σ_A и σ_B определяются выражениями (5) и (6), m_A и m_B – выражениями (3) и (4).

Следует отметить, что в формуле (2) при расчете $W_1(z)$ используется INV_1 , а при расчете $W_i(z)$ – INV_i . Значение вероятности попарного перехода $P_{\text{пер}}$ находится методом численного интегрирования. Число накоплений с усреднениями равно 40.

Полученные данные ограничены первыми шестью парами сравниваемых инвариантов, когда $\text{INV}_1 = 1$, $\text{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$.

Вероятность попарного перехода вычисляется при значениях отношения сигнал/шум h , которое находится по формуле, определяемой отношением мощности сигнала к мощности шума:

$$h^2 = \frac{k^2 \text{INV}_i^2 a}{N\sigma_{\xi}^2}.$$

Пороговые значения z^2 вычисляются минимизацией $P_{\text{пер}}$ в формуле (2). Для $k=1$ и $\text{INV}_1 = 1$, $\text{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$ $z^2 = 1,445; 1,980; 2,405; 3,055; 3,737; 4,199$. Для $k=0,7$ и $\text{INV}_1 = 1$; $\text{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$ $z^2 = 1,379; 1,605; 2,048; 2,262; 2,784; 3,262$.

Особенностью любой инвариантной системы, основанной на принципе инвариантной относительной амплитудной модуляции, является то, что по каналу передаются амплитудно-модулированные сигналы, образованные INV_i и $S_{\text{ог}}$. Передача этих сигналов обеспечивается на

основе классических алгоритмов обработки информации и имеет невысокую помехоустойчивость, и только после обработки этих сигналов в соответствии с алгоритмом частного по выражению (1), будет получена оценка инварианта, по сути являющаяся числом, а не сигналом. Отметим, что вероятность попарного перехода в инвариантной системе определяется величинами $10^{-1} \dots 10^{-18}$, в то время как вероятность ошибочного приема единичного символа при тех же значениях сигнал/шум в классических системах лежит в пределах $10^{-1} \dots 10^{-5}$ (рис. 2, 3).

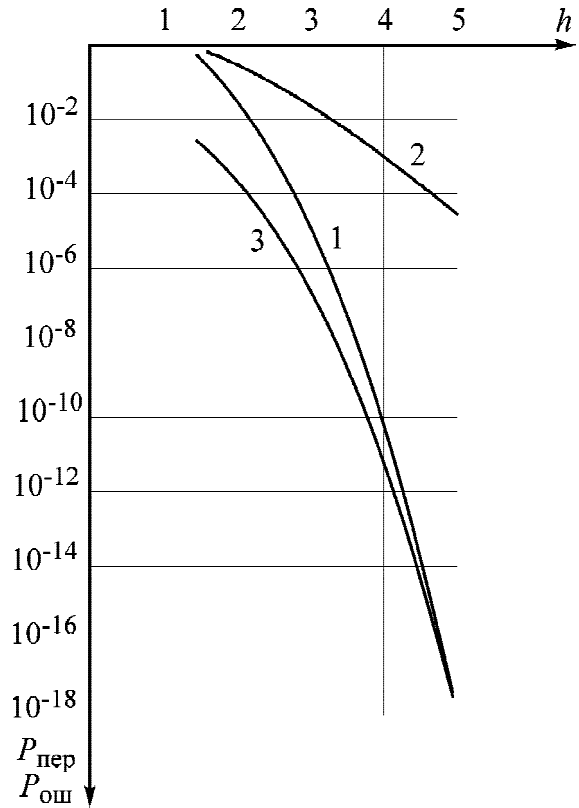


Рис. 2. Помехоустойчивость инвариантной системы при отсутствии мультипликативной помехи и $\text{INV}_1 = 1$, $\text{INV}_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$:

кривая 1 – вероятность попарного перехода при некоррелированности отсчетов шума и нелинейной обработке отсчетов сигнала; кривая 2 – вероятность ошибки классической амплитудной модуляции (аналог вероятности попарного перехода [6]); кривая 3 – вероятность попарного перехода при некоррелированности отсчетов шума и использовании расширенного синхронного детектора

Проведенный анализ показал, что инвариантная система передачи информации при наличии аддитивной помехи с некоррелированными отсчетами обладает высокой помехоустойчивостью. В частности, вероятность ошибки классического алгоритма с амплитудной модуляцией как минимум на два порядка больше вероятности попарного перехода в инвариантной системе.

Хотелось бы подчеркнуть, что система с квадратичной нелинейной обработкой существенно проще в реализации по сравнению с инвариантными системами, разработанными авторами ранее [1–5]. Упрощение состоит в том, что представленный выше алгоритм не требует

расширенного синхронного детектирования. Поэтому данную систему можно использовать в телекоммуникации, телеуправлении и других областях, предъявляющих высокие требования к помехоустойчивости.

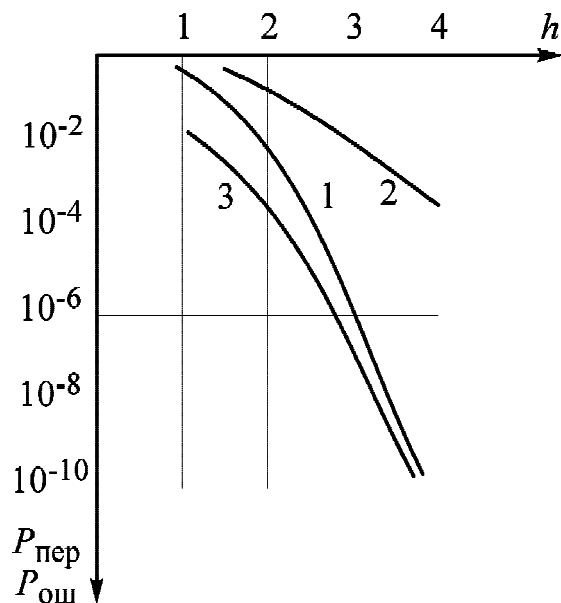


Рис. 3. Помехоустойчивость инвариантной системы при наличии мультипликативной помехи и $k = 0,7$, $INV_1 = 1$, $INV_i = 2; 3; 4; 5; 6; 7$ (обозначения кривых см. в подрисующей подписи к рис. 2)

Библиографический список

1. Алгазин, Е. И. Оценка помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации при некогерентном приеме / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Вестник СибГАУ. 2008. Вып. 2 (19). С. 38–41.
2. Алгазин, Е. И. Сравнительный анализ способов повышения помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП-2008) : материалы IX Междунар. конф., 24–26 сент. 2008 г. Новосибирск, 2008. С. 17–19.
3. Алгазин, Е. И. Помехоустойчивость инвариантной относительной амплитудной модуляции / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Там же. С. 20–23.
4. Алгазин, Е. И. Инвариантная система обработки информации при некогерентном приеме и ее количественные характеристики / Е. И. Алгазин, А. П. Ковалевский, В. Б. Малинкин // Там же. С. 13–16.
5. Инвариантный метод анализа телекоммуникационных систем передачи информации : монография / В. Б. Малинкин, Е. И. Алгазин, Д. Н. Левин, В. Н. Попантопуло. Красноярск, 2006.
6. Теплов, Н. Л. Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации / Н. Л. Теплов. М. : Связь, 1964.
7. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. 3-е изд. М. : Радио и связь, 1989.

Е. И. Algazin, A. P. Kovalevsky, V. B. Malinkin

SIGNALS TRANSMISSION BY INVARIANT METHOD WITH THE SUBSEQUENT NON-LINEAR PROCESSING

The invariant system of the information processing based on square-law characterized non-linear processing has been synthesized.

Calculating the parameters of such kind system it is assumed that the readings of the sub-carrier are interfered with the additive noise and non-correlated with each other.

The quantitative estimation of the operation of such kind system is compared with the quantitative indicators of the classical system with the amplitude modulation and with the characteristics of the invariant system based on extended synchronous detection.

Keywords: noise immunity, invariant, probability of pair wise transition, signal/noise relation.

© Алгазин Е. И., Ковалевский А. П., Малинкин В. Б., 2009

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕРНСАЙДОВОЙ ГРУППЫ $B(2,5)^1$

На основе компьютерного моделирования в терминах минимальных слов сделан сравнительный анализ бернсайдовых групп $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$.

Ключевые слова: проблема Бернсайда, бернсайдова группа $B(2,5)$.

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

В работе [3] был предложен алгоритм для моделирования произвольных конечнопорожденных периодических групп (в частности, бернсайдовых групп), заданных порождающими элементами и определяющими соотношениями. При помощи этого алгоритма конечнопорожденная периодическая группа G была представлена в виде динамической системы объектов $K_s(G) = (P_s, A_s, C_s, T_s)$, где P_s – множество всех минимальных слов группы G , не превосходящих по длине s , с заданной на этом множестве таблицей умножения T_s , обрабатывая которую при помощи алгоритма A_s , мы получаем список соотношений C_s в группе G .

В работе [4] на основе компьютерного моделирования по алгоритму [3] было показано, что в терминах минимальных слов группы $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$ совпадают на словах длины ≤ 27 .

В данной статье вычисления продолжены, и на длине 30 и последующих длинах найдены первые несовпадения элементов и соотношений в данных группах, представленных в виде минимальных слов.

Основные понятия.

Пусть $G = \langle x_1, x_2, \dots, x_m \mid v_1 = w_1, v_2 = w_2, \dots, v_k = w_k \rangle$ – периодическая группа, т. е. группа, у которой все элементы имеют конечный порядок, со множеством свободных порождающих $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ и определяющими соотношениями в G $\{v_i = w_i\}$. На множестве порождающих введем отношение порядка $\prec$ (меньше): $\{x_1 \prec x_2 \prec \dots \prec x_m\}$.

Пусть g – элемент группы G . Тогда его можно представить в виде конечного произведения из свободных порождающих, т. е. $g = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_s$, где $\alpha_i \in \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$. Правую часть данного равенства мы будем называть *словом* и записывать в виде $v = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_s$. В некоторых случаях, если необходимо подчеркнуть связь между элементом группы g и представляющим его словом v , т. е. записью элемента g через образующие, мы будем писать $g_v = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_s$. Натуральное число s будем называть *длиной слова* v . Функция $L(v)$ определена на множестве всех слов и равна длине слова v , т. е. $L(v) = s$ для слова v . Единицу группы G , обозначаемую e , мы будем отождествлять с пустым словом, которое также будем обозначать e . По определению $L(e) = 0$. Говорят, что слово x входит в слово w , если можно указать такие слова p и q , что $w = pxq$.

Если при этом слово p (q) пусто, то говорят, что x есть начало (конец) слова w .

Будем говорить, что слово w *меньше* слова v и запишем это как $w \prec v$, если имеет место одно из следующих утверждений:

1) $L(w) < L(v)$;

2) если $L(w) = L(v)$, то тогда пусть $w = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_s$ и $v = \beta_1 \beta_2 \dots \beta_s$, $\alpha_1 = \beta_1$, $\alpha_2 = \beta_2$, ..., $\alpha_{k-1} = \beta_{k-1}$, $\alpha_k \prec \beta_k$ для некоторого $1 \leq k \leq s$.

Пусть $v = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_s$ и $w = \beta_1 \beta_2 \dots \beta_r$ – два слова, представляющие один элемент $g \in G$, т. е. $g_v = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_s$ и $g_w = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_r$. Тогда равенство $\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_s = \beta_1 \beta_2 \dots \beta_r$ мы будем называть *соотношением* в G .

Однако в другую сторону это соответствие однозначно, т. е. каждое слово единственным образом определяет соответствующий ему элемент в группе. Иначе говоря, если g_v и h_v – 2 элемента из G , представленные одним словом $v = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_s$, то тогда $g = h$.

Слово v будем называть *минимальным* в G относительно введенного порядка, если для любого другого слова w , удовлетворяющего условию $g_v = g_w$, будет выполняться $v \prec w$. Для любого $g \in G$ существует единственный минимальное слово v , представляющее данный элемент.

Сравнительный анализ группы $B(2,5)$ с группой $B_0(2,5)$. Пусть $B(2,5) = \langle x_1, x_2 \mid g^5 = e \rangle$ – двупорожденная бернсайдова группа периода 5. И пусть $x_1 = 1$ и $x_2 = 2$ – образующие групп $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$. Дж. Хавас, Г. Уолл и Дж. Уэмсли в работе [1], используя коммутаторное исчисление, при помощи компьютера вычислили соотношения для базисных коммутаторов группы $B_0(2,5)$. В качестве первых двух коммутаторов были взяты образующие группы $B_0(2,5)$, а последующие коммутаторы с 3 по 34 вычислялись рекурсивно через 1 и 2. В этом случае каждый элемент $h \in B_0(2,5)$ однозначно представляется множеством упорядоченных произведением базисных коммутаторов в определенных степенях:

$$h = 1^{\alpha_1} \cdot 2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot 34^{\alpha_{34}}, \quad (1)$$

где $\alpha_i \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ($i = 1, 2, \dots, 34$). Правую часть равенства (1) мы будем записывать $k(h) = 1^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} \dots 34^{\alpha_{34}}$ и называть *нормальным словом* [1].

Пусть ψ – гомоморфизм группы $B(2,5)$ на $B_0(2,5)$, заданный следующим правилом:

$$\psi(g_v) \rightarrow k(h_v),$$

где $g_v \in B(2,5)$ и $h_v \in B_0(2,5)$ – элементы, вычисленные по слову v в группах $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$ соответственно.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента Российской Федерации (код проекта МК-2494.2008.1), АВИЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (код проекта 2.1.1/3023) и РФФИ (код проекта 09-01-07177-а).

Очевидно, что все соотношения группы $B(2,5)$ будут справедливыми в $B_0(2,5)$. Обратное утверждение будет верно, если $B(2,5) \cong B_0(2,5)$. Таким образом, если два слова v и w равны как элементы группы в $B(2,5)$, то под действием ψ они будут соответствовать одному нормальному слову в $B_0(2,5)$.

Если ψ окажется взаимно однозначным, то из этого будет следовать изоморфизм $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$, т. е. группа $B(2,5)$ будет конечна. В противном случае $B(2,5)$ – бесконечная группа.

При помощи компьютерных вычислений, используя ψ , на каждой длине можно получить максимально возможный список соотношений для группы $B_0(2,5)$ в терминах минимальных слов в алфавите образующих $\{1, 2\}$.

Для группы $B(2,5)$ на основе компьютерного моделирования по алгоритму [3] был вычислен объект $K_{33}(2,5)$. В терминах минимальных слов получилось, что $|C_{33}(2,5)| = 45\,392$ и $|P_{33}(2,5)| \approx 5^{14}$. Расчеты были проведены на кластере Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. В качестве программного инструмента реализации была взята система компьютерной алгебры MATLAB 7.7.0 с подключенными дополнительными модулями MATLAB Distributed Computing Server и MATLAB Parallel Computing Toolbox. При поэлементном сравнении группы $B(2,5)$ с группой $B_0(2,5)$ была выявлена следующая теорема.

Теорема 1. Пусть v, w – два слова в алфавите образующих $\{1, 2\}$, $L(v) \leq 29$ и $L(w) \leq 29$. Тогда $v = w$ – соотношение в группе $B_0(2,5)$ тогда и только тогда, когда $v = w$ – соотношение в группе $B_0(2,5)$.

Доказательство. Доказательство следует из непосредственного вычисления. Например, в группе $B_0(2,5)$ имеет место соотношение $11112222 = 21212121$. Действительно, $11112222 \xrightarrow{\psi} 1^4 2^4$ и $21212121 \xrightarrow{\psi} 1^4 2^4$. В группе $B(2,5)$ справедливость указанного соотношения доказывается по алгоритму [3] так: $21 \cdot 21212121 = (21)^5 = e$ и $21 \cdot 11112222 = e$ и т. д.

Однако длина 30 явилась своеобразной точкой расхождения групп $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$. Так на длине 30 в $B_0(2,5)$ имеются 2 соотношения, на длине 31 – 10, на длине 32 – 47 и на длине 33 – 69 соотношений, доказать справедливость которых в $B(2,5)$ по алгоритму [3] при применении соотношений, длины левой и правой частей которых не превышают 33, не удается. Соотношения такого вида приведены в таблице.

Некоторые соотношения группы $B_0(2,5)$

$122121121221121212211212212112 = 212121122112212121122112212121$
$1221122121211221122121212222111 = 212112212112122112122112122121$
$12211222121111211222212222121112 = 212111121212211221121212121112111$
$12121121112112121211122121221112 = 211122121221112112121211121212121$

A. A. Kuznetsov, A. K. Shlepkina, A. N. Antamoshkin

COMPUTER MODELING OF BURNSIDE GROUP $B(2,5)$

A comparative analysis of the groups $B(2,5)$ and $B_0(2,5)$ based on computer modeling in the terms of minimal words is carried out.

Keywords: Burnside problem, Burnside group $B(2,5)$.

Поэтому имеет место следующая теорема.

Теорема 2. Если в группе $B(2,5)$ не выполняется хотя бы одно соотношение из приведенной таблицы, то тогда группа $B(2,5)$ бесконечна.

Доказательство. Указанные в таблице соотношения справедливы в $B_0(2,5)$. Например,

$$\begin{aligned} \psi(122121121221121212211212212112) &= \\ &= \psi(212121122112212121122112212121) = \\ &= 3^1 4^2 5^2 6^1 7^4 8^1 9^1 11^3 12^3 13^4 14^3 15^2 16^2 17^2 18^2 \times \\ &\times 20^4 21^2 22^1 23^4 24^4 25^4 26^3 27^1 28^1 29^1 31^4 32^2 34^4 \end{aligned}$$

и т. д. Поэтому если хотя бы одно из этих соотношений не будет выполняться в $B(2,5)$, то $B(2,5) \neq B_0(2,5)$, а это означает бесконечность $B(2,5)$.

Полученные результаты позволяют вполне обоснованно высказать гипотезу о том, что группа $B(2,5)$ бесконечна. Приведем аргументы в пользу этой гипотезы:

- при моделировании по алгоритму [3] известных конечных бернсайдовских групп $B(2,3)$, $B(2,4)$ и $B(3,3)$ не было зафиксировано ни одного случая, чтобы какое-нибудь соотношение, в котором длины слов в левой и правой части не превышают s , было найдено в объекте K_r , где $r > s$;
- при моделировании группы $B(2,5)$ для поиска соотношений были использованы все групповые аксиомы, однако, как было сказано выше, ни одно из указанных в таблице соотношений доказать не удалось.

В то же время строго доказать бесконечность группы $B(2,5)$ пока также не удастся.

Библиографический список

1. Hawas, G. The two generated Burnside group of exponent five / G. Hawas, G. Wall, J. Wamsley // Bull. Austral. Math. Soc. 1974. № 10. P. 459–470.
2. Кострикин, А. И. Вокруг Бернсайда / А. И. Кострикин. М.: Наука, 1986.
3. Кузнецов, А. А. Моделирование периодических групп / А. А. Кузнецов, А. Н. Антамошкин, А. К. Шлепкин // Системы упр. и информ. технологии. 2008. № 2. С. 4–8.
4. Кузнецов, А. А. Сравнительный анализ бернсайдовских групп $B(2,5)$ и $B_0(2,5)$ / А. А. Кузнецов, А. К. Шлепкин // Тр. Ин-та математики и механики Урал. отд-ния Рос. акад. наук. 2009. № 2. С. 125–132.

А. В. Зуев, В. И. Иванчура, А. А. Федоренко

МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЗАДАЮЩЕГО БЛОКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ

Рассмотрена функция и структура задающего элемента автоматической системы управления процессом декарбонизации. Определена и смоделирована экспериментальная зависимость требуемой мощности вентилятора в функции параметров декарбонизатора, процесса декарбонизации и водно-газовой системы.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, декарбонизация, коррозионная агрессивность.

Надежность и экономичность теплоэнергетических установок и систем теплоснабжения в значительной мере зависят от интенсивности внутренней коррозии оборудования и трубопроводов под действием циркулирующей в них воды. Коррозионная агрессивность воды обусловлена рядом физико-химических факторов, среди которых одним из главных является присутствие в воде растворенных газов, особенно кислорода и диоксида углерода CO_2 .

Основным типом декарбонизаторов, применяемых в теплоэнергетических водоподготовительных установках, являются противоточные насадочные декарбонизаторы с кольцами Рашига. В них удаление CO_2 осуществляется при контакте обрабатываемой воды с атмосферным воздухом, нагнетаемым вентилятором.

В настоящее время вентилятор для декарбонизатора выбирается при его проектировании исходя из расчетной максимальной производительности, а следовательно, величина расхода воздуха на декарбонизацию постоянна [1]. Однако при работе декарбонизатора с неполной нагрузкой вентилятор продолжает работать с полной про-

изводительностью, подавая в декарбонизатор избыточное количество воздуха, что приводит к перерасходу электроэнергии на его привод. Для более качественного удаления углекислоты из воды при меньших затратах электроэнергии процесс декарбонизации необходимо автоматизировать (рис. 1).

В данной схеме управление скоростью вращения вентилятора декарбонизатора осуществляется на основе системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором» (ПЧ–АД).

Важнейшим элементом автоматизированной системы является задающий блок, основная функция которого состоит в расчете требуемой мощности вентилятора декарбонизатора $N_{\text{вент}}$ по требуемой остаточной концентрации CO_2 в зависимости от геометрических параметров декарбонизатора (номинального размера насадки, площади поперечного сечения колонки декарбонизатора, объема насадки колец Рашига, сопротивления элементов декарбонизатора), параметров процесса (расхода и температуры воды, исходного содержания CO_2) и параметров гетерогенной дисперсной системы (ускорения

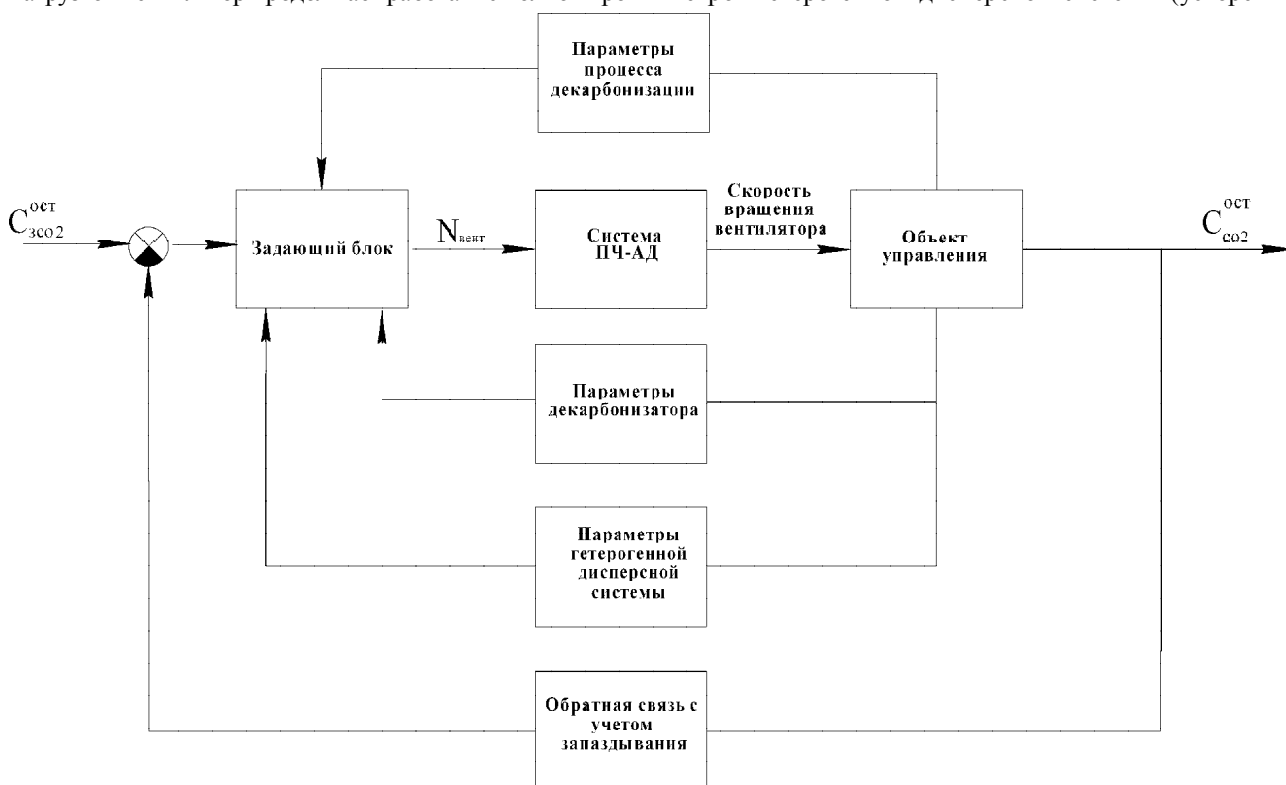


Рис. 1. Структурная схема автоматизации процесса декарбонизации

свободного падения, плотности воздуха, динамической вязкости воды).

Рассмотрим структуру (рис. 2) и работу задающего блока более подробно.

Логический блок Б1 служит для определения расхода воздуха в зависимости от основных параметров процесса декарбонизации: $G_{\text{н.в}}$ – расхода воды, т/ч; $t_{\text{н.в}}$ – температуры воды, °С; $C_{\text{CO}_2}^{\text{исх}}$ – исходной концентрации CO_2 , мг/кг; $C_{\text{CO}_2}^{\text{ост}}$ – требуемой остаточной концентрации CO_2 , мг/кг. Математическая реализация этого блока приведена в уравнении регрессии зависимости остаточной концентрации $C_{\text{CO}_2}^{\text{ост}}$ от параметров декарбонизации [2].

Блоки Б2 и Б7 – это блоки коэффициентов запаса. Коэффициент запаса принимаем равным 1, 2.

Блок БЗ предназначен для определения приведенной скорости воздуха в декарбонизаторе [3]:

$$\omega_0 = \frac{D_{\text{вснт}}}{3600S}, \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения колонки декарбонизатора, м^2 (см. табл. 2.2.3 [3]).

Логический блок Б4 используется для определения параметров X и Y [3]:

$$X = \frac{G_{\text{и.Б}}}{S\omega_0}. \quad (2)$$

где $G_{\text{иР}}$ – расход воды, м³/с;

$$Y = \frac{C\text{Fr}_r}{\text{Re}^{0,1}}, \quad (3)$$

где коэффициент C выбирается по табл. 2.24 [3]; Fr_r – критерий Фурда для газа:

$$\text{Fr}_r = \frac{\omega_0^2}{gd}, \quad (4)$$

здесь g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$,
 d – номинальный размер насадки, м; $Re_{\text{усл}}$ – условный
критерий Рейнольдса для газа:

$$\text{Re}_{\text{усл}} = \frac{\omega_0 d \rho_r}{\mu_{\text{вр}}}, \quad (5)$$

здесь ρ_r – плотность воздуха, кг/м³, $\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость воды, Па · с.

Блок Б5 предназначен для определения сопротивления 1 м орошаемой насадки $P_{\text{ор}}/H$ в зависимости от значений X и Y . Величина $P_{\text{ор}}/H$ находится по графикам рис. 3 [3] после их преобразования в вычислительном блоке.

В блоке Б6 величина $P_{\text{ор}}/H$ умножается на высоту насадки H , определяемой по формуле

$$H = \frac{V_{\text{нас}}}{S}, \quad (6)$$

где $V_{\text{нас}}$ – объем насадки, м³. Выходом данного блока является сопротивление насадки.

Блок Б8 служит для перевода единицы измерения расхода воды из тонн в час (т/ч) в кубические метры в секунду ($\text{м}^3/\text{с}$).

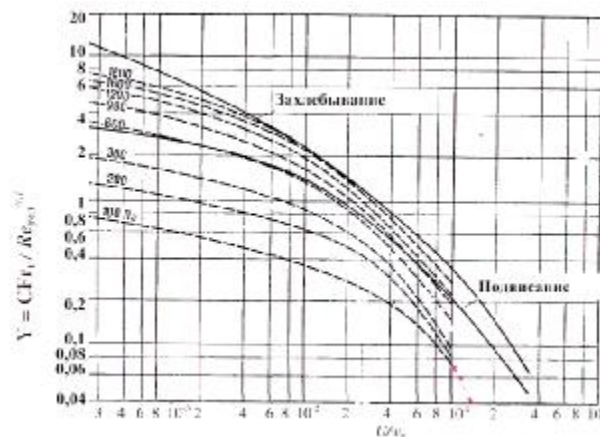


Рис. 3. Зависимость $P_{\text{он}}/H$ от Y и $X(U/\omega_0)$

Блок Б9 реализует сопротивление элементов декарбонизатора, Па.

Блок Б10 для рассчитывает требуемую мощность вентилятора. Этот параметр определяется по формуле

$$N_{\text{BEHT}} = \frac{D_{\text{BEHT}} \cdot P_{\text{BEHT}}}{3600\eta_{\text{BEHT}}}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{вент}}$ – коэффициент полезного действия вентилятора, %.

На основе рассмотренных выше соотношений в пакете MATLAB была построена модель задающего блока для получения требуемой мощности вентилятора (рис. 4). Расчет проводился для декарбонизатора с кольцами Рашига $25 \cdot 25 \cdot 3$, который имеет следующие параметры: $S=9,25 \text{ м}^2$; $d=0,025 \text{ м}$; $C=1$; $V_{\text{нас}}=13,4 \text{ м}^3$; сопротивление элементов декарбонизаторов $P_{\text{эл}}=650 \text{ Па}$; КПД вентилятора принят 80 %. Физические параметры гетерогенной дисперсной системы: $\mu_{\text{ж}}=0,01 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\rho_{\text{ж}}=1,2 \text{ кг/м}^3$.

Разработанная модель состоит из следующих блоков:

- блок D_u определяет требуемый расход воздуха вентилятора;
- блок Fr определяет критерий Фурда для газа (4);
- блок $1/Re^{0.1}$ вычисляет величину, обратную условному критерию Рейнольдса в степени 0.1 (5);

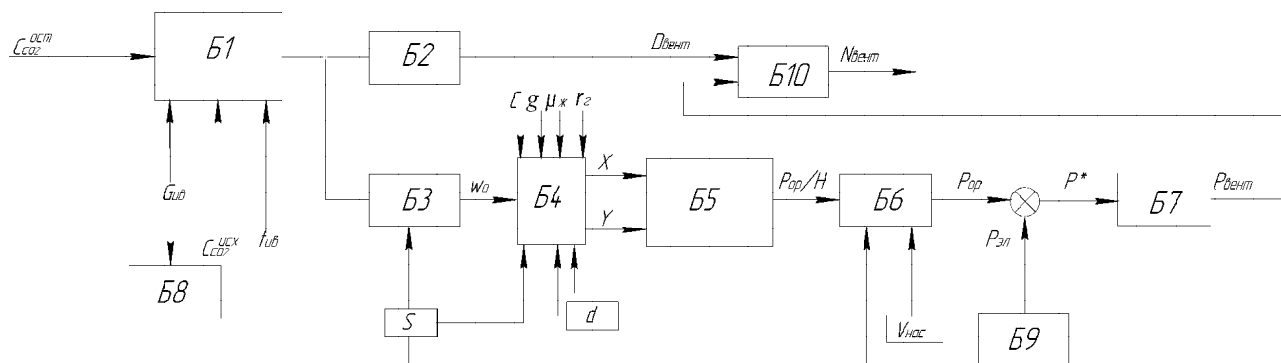


Рис. 2. Структурная схема задающего блока

– блок P_{op}/H рассчитывает сопротивления 1 м орошаемой насадки;
– блоки Subsystem1...Subsystem4 используются как делители.

По результатам проведенных на модели экспериментов можно сделать следующие выводы:

– для уменьшения мощности приводного двигателя вентилятора необходимо, чтобы были обеспечены полная нагрузка декарбонизатора (500 т/ч воды), подогрев исходной воды и увеличена требуемая остаточная концентрация углекислого газа $C_{CO_2}^{ост}$;

– зависимости преобладают линейный характер при исходной концентрации газа 60...70 мг/кг. Следовательно, при больших исходных концентрациях газа можно структурно упрощать задающий блок.

Модель задающего элемента системы автоматического управления процессом декарбонизации является универ-

сальной, для ее настройки достаточно изменить параметры процесса, параметры декарбонизатора и дисперсной системы. Полученный задающий блок можно применять в автоматизированной системе управления во всех противоточных насадочных декарбонизаторах с кольцами Рашига.

Библиографический список

1. Кастальский, А. А. Проектирование устройств для удаления из воды растворенных газов в процессе водоподготовки / А. А. Кастальский. М. : Госстройиздат, 1957.
2. Зуев, А. В. Частотно-управляемый асинхронный привод / А. В. Зуев, В. И. Иванчура // Вестник СибГАУ. 2008. Вып. 1 (18). С. 34–37.
3. Шарапов, В. И. Декарбонизаторы водоподготовительных установок систем теплоснабжения / В. И. Шарапов, М. А. Сивухина. М. : АСВ, 2000.

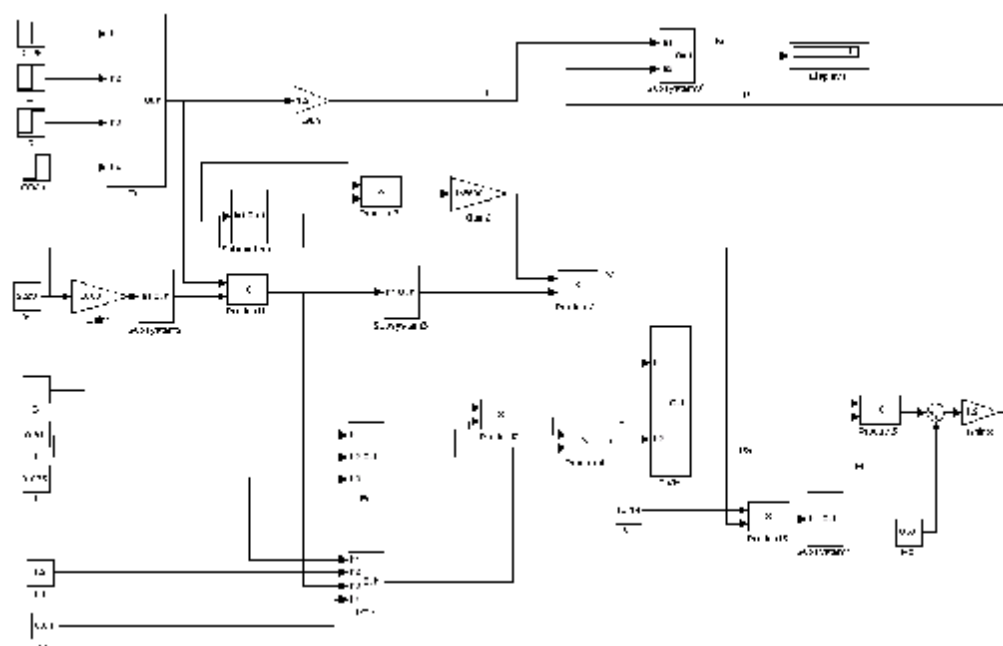


Рис. 4. Модель задающего блока, полученная в пакете MATLAB

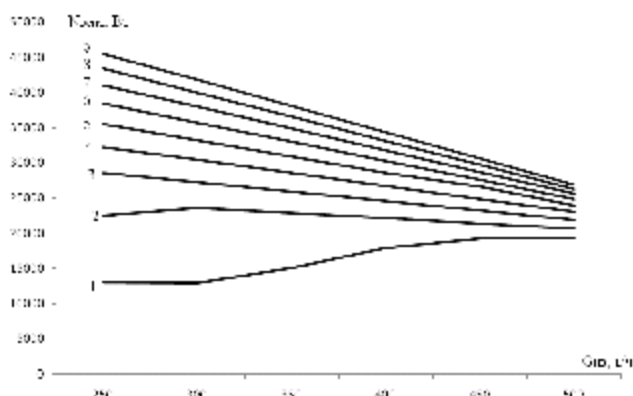


Рис. 5. Зависимость мощности вентилятора от производительности декарбонизатора при $C_{CO_2}^{ост} = 3$ мг/кг, $t_{н.в} = 15$ °C: 1 – $C_{CO_2}^{исх} = 20$ мг/кг; 2 – $C_{CO_2}^{исх} = 30$ мг/кг; 3 – $C_{CO_2}^{исх} = 40$ мг/кг; 4 – $C_{CO_2}^{исх} = 50$ мг/кг; 5 – $C_{CO_2}^{исх} = 60$ мг/кг; 6 – $C_{CO_2}^{исх} = 70$ мг/кг; 7 – $C_{CO_2}^{исх} = 80$ мг/кг; 8 – $C_{CO_2}^{исх} = 90$ мг/кг; 9 – $C_{CO_2}^{исх} = 100$ мг/кг

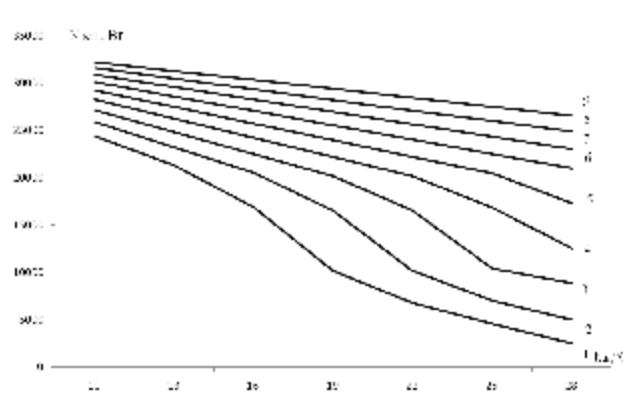


Рис. 6. Зависимость мощности вентилятора от температуры исходной воды при $C_{CO_2}^{ост} = 3$ мг/кг, $G_{н.в} = 450$ т/ч: 1 – $C_{CO_2}^{исх} = 20$ мг/кг; 2 – $C_{CO_2}^{исх} = 30$ мг/кг; 3 – $C_{CO_2}^{исх} = 40$ мг/кг; 4 – $C_{CO_2}^{исх} = 50$ мг/кг; 5 – $C_{CO_2}^{исх} = 60$ мг/кг; 6 – $C_{CO_2}^{исх} = 70$ мг/кг; 7 – $C_{CO_2}^{исх} = 80$ мг/кг; 8 – $C_{CO_2}^{исх} = 90$ мг/кг; 9 – $C_{CO_2}^{исх} = 100$ мг/кг

A. V. Zuev, V. I. Ivanchura, A. A. Fedorenko

MODELING UNIVERSAL ASSIGNING BLOCK AUTOMATED MANAGERIAL SYSTEM BY DECARBONIZATION PROCESS

The paper considers function and structure assigning element of the automated system of the process. The experimental dependency required powers of the ventilator in functions parameter decarbonizator; parameter of the process and water-gas system are defined and prototyped.

Keywords: automated control system, decarbonization, corroding aggressiveness.

© Зуев А. В., Иванчура В. И., Федоренко А. А., 2009

УДК 621.7(07)

Е. Н. Гарин

АППАРАТУРНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Определено влияние параметров временной шкалы аппаратуры радионавигации на работу систем слежения за сигналом навигационного космического аппарата. Сформированы оценки радионавигационных параметров сигнала.

Ключевые слова: погрешность, измерения, частота, опорный генератор, навигационный космический аппарат, фаза.

На погрешность измерения псевдодальностей оказывает влияние нестабильность опорного генератора (ОГ). Автором было проведено исследование влияния параметров временной шкалы аппаратуры радионавигации (АРН) на работу систем слежения за сигналом навигационного космического аппарата (НКА) и формирование оценок радионавигационных параметров сигнала.

Шкала времени АРН формируется на основе частоты ОГ [1]. Однако следует отметить, что используемые ОГ не идеальны в силу нестабильности их частоты, что отражается на шкале времени АРН. Различают кратковременную и долговременную нестабильность ОГ. При решении задачи определения относительных координат интерес представляет кратковременная нестабильность частоты, т. е. относительно быстрые изменения частоты сигнала ОГ, происходящие, например, на интервале 1 с. Долговременная нестабильность частоты не оказывает влияния на работу следящих систем, поэтому в данном случае ее можно не учитывать.

Необходимо задать модель поведения частоты и фазы ОГ, на основе которых будет сформирована шкала времени АРН. Ниже будет использована модель нестабильности ОГ, основанная на следующих положениях.

Изменение частоты Δf_k , происходящее на интервалах времени постоянной длительности Δt_k , есть случайная величина с нормальным законом распределения и нулевым средним. При этом предполагается, что значение нестабильности частоты δ на соответствующем интервале времени, определяемое в паспортных данных ОГ (например, $1 \cdot 10^{-11}$ за 1 с), представляет собой предельное (3δ) значение случайного изменения частоты Δf_k за этот интервал.

Если значение нестабильности ОГ на некотором интервале времени Δt равно δ , то это означает, что к моменту завершения каждого очередного интервала времени Δf_k текущее значение частоты ОГ f_k может измениться относительно значения частоты $f(k-1)$, действовавшего на начало интервала Δt_k на случайную величину, предельное значение которой определяется выражением

$$\Delta f_{\max} = \delta \cdot f_k. \quad (1)$$

С учетом того что обеспечиваемые ОГ значения отклонения частоты много меньше номинального значения частоты ОГ, в выражении (1) значение частоты $f(k-1)$ можно заменить на значение номинальной частоты ОГ f_n . Тогда

$$\Delta f_{\max} = \delta \cdot f_n. \quad (2)$$

Рассмотрим два варианта модели изменения частоты на интервале времени Δt_k вследствие ее нестабильности: линейный и скачкообразный.

В случае линейного изменения частота ОГ меняется в течение всего интервала времени Δt_k линейно, начиная с нулевого значения и достигая в конце интервала того значения Δf_k , которое случайным образом выпало на данный интервал [2]. Этот вариант является, вероятно, наиболее близким к реальным процессам, происходящим в ОГ. Описываемое такой моделью изменение частоты будет происходить, если производная частоты скачком изменится в начале интервала Δf_k и останется неизменной на всем его протяжении. В таком случае значение производной частоты может быть определено следующим образом:

$$\dot{f}_k = \frac{\Delta f_k}{\Delta t}. \quad (3)$$

В соответствии с этой моделью изменение фазы сигнала ОГ $\Delta\varphi_k$ на интервале Δt_k составит

$$\Delta\varphi_k = 2\pi f_k \frac{\Delta t^2}{2} = 2\pi \frac{\Delta f_k \Delta t}{2}, \quad (4)$$

а предельное значение изменения фазы сигнала ОГ будет

$$\Delta\varphi_{\max} = 2\pi \frac{\Delta f_{\max} \Delta t}{2} = 2\pi \frac{\delta \cdot f_n \Delta t}{2}. \quad (5)$$

В случае скачкообразного изменения частота Δf_k меняется скачком в начале каждого интервала Δt_k сразу на всю величину выпавшего на данный интервал изменения частоты и в течение всего интервала Δt_k остается неизменной. Этот малореальный, но, по-видимому, наилучший вариант может использоваться для получения предельных оценок.

Приращение фазы сигнала ОГ $\Delta\varphi_k$ в этом случае определяется как

$$\Delta\varphi_k = 2\pi \Delta f_k \Delta t, \quad (6)$$

а предельное значение изменения фазы ОГ – как

$$\Delta\varphi_{\max} = 2\pi \delta f_n \Delta t. \quad (7)$$

Сравнивая выражения (6) и (7), нетрудно заметить, что изменение фазы сигнала ОГ при скачкообразном изменении частоты в два раза больше, чем при линейной модели. В связи с этим при дальнейшем анализе можно ограничиться рассмотрением варианта линейного изменения частоты с последующей корректировкой соответствующих выводов для случая скачкообразного изменения частоты.

Влияние кратковременной нестабильности ОГ на работу следящих систем анализировалось на примере фильтра, производящего оценку фазы сигнала (и ее производных) с интервалом дискретизации 1 с, 100 и 10 мс.

Номинальное значение частоты ОГ принималось равным 10 МГц, а значение нестабильности частоты δ на интервале 1 с равным $1 \cdot 10^{-11}$. В соответствии с выражением (7) максимальное смещение фазы выходного сигнала ОГ за 1 с для линейного варианта составило $0,018^\circ$, за 100 мс – $0,0018^\circ$, за 10 мс – $0,00018^\circ$. Эти изменения фазы ОГ эквивалентны смещению временной шкалы АРН соответственно на $5 \cdot 10^{-12}$, $5 \cdot 10^{-13}$ и $5 \cdot 10^{-14}$ с.

В результате умножения частоты ОГ схемами фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) при формировании частот гетеродинных (опорных) сигналов АРН (общий коэффициент умножения ~ 160) изменение фазы на несущей частоте НКА составило $\sim 3^\circ$ за время 1 с, $\sim 3^\circ$ за 100 мс и $\sim 0,03^\circ$ за 10 мс.

Полученные значения изменения фазы сигнала, обусловленные нестабильностью частоты ОГ, для всех анализируемых значений интервала дискретизации фильтра являются допустимыми с точки зрения динамической погрешности оценки фазы. Предельным значением этой погрешности можно считать $\sim 9^\circ$ при апертуре дискриминационной характеристики фазового дискриминатора (ФД) $\pm 90^\circ$.

Сравним полученные значения дополнительных флуктуаций фазы входного сигнала фильтра, обусловленных нестабильностью ОГ, с величиной случайной составляющей погрешности (оценки фазы, обусловленной шумами в составе входного сигнала, называемой шумовой погрешностью. При выбранных значениях интервала дискретиза-

ции фильтра максимальные значения интервала когерентного накопления в фазовом дискриминаторе фильтра составят 1 с, 100 мс и 10 мс. Значения шумовой полосы для этих случаев равны 1, 10 и 100 Гц соответственно.

Разумеется, значения интервала дискретизации и интервала когерентного накопления в ФД не обязательно должны совпадать, например при интервале дискретизации 100 мс можно использовать время накопления 10 мс, однако мы будем рассматривать предельный случай.

При минимальном значении энергетического потенциала, обеспечиваемом в АРН ГЛОНАСС/GPS (~ 35 дБ·Гц), шумовая погрешность оценки фазы σ_φ примет следующие значения: для полосы 1 Гц $\sigma_\varphi \approx 1^\circ$, для полосы 10 Гц $\sigma_\varphi \approx 2,5^\circ$, для полосы 100 Гц $\sigma_\varphi \approx 8^\circ$.

Анализ полученных результатов показывает, что для интервалов 10 и 100 мс дополнительные флуктуации фазы, обусловленные нестабильностью ОГ, малы по сравнению с величиной шумовой погрешности. В то же время для интервала накопления 1 с погрешность, связанная с нестабильностью ОГ, является преобладающей. Отсюда можно сделать вывод, что для работы с длительными (≥ 1 с) интервалами когерентного накопления в ФД необходимо использовать ОГ с лучшими характеристиками кратковременной нестабильности, чем в рассматриваемом нами случае.

Предельное значение кратковременной нестабильности частоты ОГ может быть определено как значение, при котором на интервале дискретизации фильтров, производящих оценку фазы входного сигнала, случайное изменение разности фаз входного и опорного сигналов, обусловленное изменением фазы опорных сигналов (в том числе сигналов гетеродинов), станет таким, что приведет к срыву слежения за фазой. Пороговое значение флуктуаций фазы можно принять равным 9° . При различных интервалах дискретизации различные уровни нестабильности ОГ будут приводить к критическому изменению фазы опорного сигнала.

Так, изменение фазы опорного сигнала на 9° произойдет при изменении фазы ОГ на $\sim 0,06^\circ$. Тогда допустимая нестабильность частоты ОГ для интервала дискретизации 1 с составит $3,3 \cdot 10^{-11}$ ($1,6 \cdot 10^{-11}$), для интервала 100 мс – $3,3 \cdot 10^{-10}$ ($1,6 \cdot 10^{-10}$), для интервала 10 мс – $3,3 \cdot 10^{-9}$ ($1,6 \cdot 10^{-9}$).

Аналогичным образом можно оценить значение нестабильности, которое будет являться не просто допустимым, но вполне приемлемым. В качестве критерия примем значение фазовых шумов гетеродина 1° .

Изменение фазы гетеродина на 1° произойдет при изменении фазы ОГ на $\sim 0,006^\circ$. Исходя из этого, требуемое значение нестабильности частоты ОГ для интервала дискретизации 1 с составит $3,5 \cdot 10^{-12}$, для интервала 100 мс – $3,5 \cdot 10^{-11}$, для интервала 10 мс – $3,5 \cdot 10^{-10}$. Смещение метки шкалы времени АРН при указанных значениях нестабильности не превысит $1,6 \cdot 10^{-12}$ с.

Библиографический список

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. 3-е изд., перераб. М. : Радиотехника, 2005.
2. Белов, В. И. Теория фазовых измерительных систем / В. И. Белов ; под ред. Г. Н. Глазова ; Том. гос. акад. систем упр. и радиоэлектроники. Томск, 1994.

INSTRUMENTAL ERROR OF RELATIVE MEASUREMENTS

The influence of provisional scale parameters of radio navigation equipment for tracking loop after the signal of navigation space craft and radio navigation parameters estimation signal are considered.

Keywords: error, measurements, frequency, reference generator, navigation space craft, phase.

© Гарин Е. Н., 2009

УДК 519.85:519.676

Р. Б. Сергиенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОЭВОЛЮЦИОННОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Проведено сравнение эффективности коэволюционного генетического алгоритма и индивидуальных стандартных генетических алгоритмов на тестовых и практических задачах условной оптимизации. Показано, что коэволюционный алгоритм не менее эффективен, чем лучший для решаемой задачи индивидуальный стандартный генетический алгоритм.

Ключевые слова: условная оптимизация, генетический алгоритм, коэволюция, инвестиции, кредитование.

В настоящее время в качестве метода решения сложных задач оптимизации широкое распространение получили эволюционные алгоритмы [1]. Однако все еще не решенной проблемой использования эволюционных алгоритмов является высокая сложность и трудоемкость их настройки на решаемую задачу в связи с большим числом возможных комбинаций параметров алгоритма (селекции, мутации, скрещивания и некоторых других). Эффективность одной и той же настройки на разных задачах и различных настроек на одной и той же задаче может изменяться в очень широком диапазоне. Поэтому выбор настроек наугад является неприемлемым, так как многие комбинации параметров алгоритма оказываются неработоспособными, а тщательная настройка под новую задачу является чрезмерно трудоемкой из-за временных, трудовых и материальных затрат. Использование опыта решения аналогичных задач также не дает повода для оптимизма.

Для разрешения указанной проблемы предлагаются различные подходы, одним из которых является коэволюционный алгоритм [2]. В коэволюционном алгоритме параллельно работают, взаимодействуя при этом между собой, индивидуальные генетические алгоритмы с различными настройками. Конкуренция и кооперация индивидуальных алгоритмов обеспечивает самонастройку эволюционного поиска на решаемую задачу в ходе ее однократного решения и снимает проблему «ручного» выбора наилучшего алгоритма.

Автором статьи был разработан коэволюционный генетический алгоритм (ГА) условной оптимизации [3], который обеспечивает автоматический выбор, помимо основных параметров генетического алгоритма, также и

метода учета ограничений, необходимого для адаптации генетического алгоритма на класс задач условной оптимизации.

В данной статье будет проведено экспериментальное сравнение эффективности коэволюционного алгоритма с индивидуальными генетическими алгоритмами на тестовых и практических задачах условной оптимизации.

В качестве тестовых задач условной оптимизации взяты восемь задач с ограничениями-неравенствами и две задачи с ограничениями-равенствами:

– задача 1:

$$\begin{aligned} I(\bar{x}) &= 3 \cdot (x_1 - 4)^2 + 4 \cdot (x_1 - 4) \times \\ &\times (x_2 - 4) + 3 \cdot (x_2 - 4)^2 = \min, \\ x_1 + x_2 &\leq 0, \\ \bar{x}^* &= (0; 0)^T; \end{aligned}$$

– задача 2:

$$\begin{aligned} I(\bar{x}) &= 8 \cdot (x_1 - 3)^2 + 4 \cdot (x_1 - 3) \times \\ &\times (x_2 - 3) + 4 \cdot (x_2 - 3)^2 = \min, \\ -3 &\leq x_1 \leq 3, \\ -3 &\leq x_2 \leq 3, \\ \bar{x}^* &= (3; 3)^T; \end{aligned}$$

– задача 3:

$$\begin{aligned} I(\bar{x}) &= 3 \cdot (x_1 - 6)^2 + (x_1 - 6) \times \\ &\times (x_2 - 6) + 3 \cdot (x_2 - 6)^2 = \min, \\ -3 &\leq x_1 \leq 3, \\ -3 &\leq x_2 \leq 3, \\ \bar{x}^* &= (3; 3)^T; \end{aligned}$$

– задача 4:

$$z = 5 \cdot x + 0,5 \cdot y \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} y \leq -2 \cdot x + 5, \\ y \geq -x - 1,5, \\ y \leq 2 \cdot x + 1 \\ x \geq 0, \\ y \geq 0, \end{cases}$$

$$x = \frac{13}{6} = 2,166\ 66,$$

$$y = \frac{2}{3} = 0,666\ 66,$$

$$z = \frac{67}{6} = 11,166\ 666\ 67;$$

– задача 5:

$$z = 10x - 5y \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} y - 15 \leq 0, \\ y + 2x^2 - 20 \leq 0, \\ \frac{x^2}{2} - y \leq 0, \end{cases}$$

$$x = 3,651\ 483\ 71 \quad 670\ 110\ 760,$$

$$y = -6,666\ 666\ 66 \quad 666\ 666\ 696,$$

$$z = 69,848\ 170\ 5 \quad 003\ 110\ 760;$$

– задача 6:

$$z = -x^2 + y_2 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} y \leq 7 + \sin(2 \cdot x), \\ y \geq 1 - \sin(2 \cdot x), \\ x \in [0, 4], \end{cases}$$

$$x = 4,$$

$$y = 7,989\ 358\ 247,$$

$$z = 79,829\ 845\ 20;$$

– задача 7:

$$z = -10 \cdot x - 5 \cdot y \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} x \geq 0, \\ y \geq -15, \\ y \leq \frac{x^2}{2}, \\ y \geq 2 \cdot x^2 - 20, \end{cases}$$

$$x = 3,651\ 483\ 717,$$

$$y = 6,666\ 666\ 670,$$

$$z = -69,848\ 170\ 52;$$

– задача 8:

$$u = x^3 + y^2 + z \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} x \geq 0, \\ y \geq 0, \\ z \geq 0, \\ x^2 + y^2 + z^2 \leq 25, \end{cases}$$

$$x = 5,$$

$$y = 0,$$

$$z = 0,$$

$$u^* = 125;$$

– задача 9:

$$I(\bar{x}) = 3 \cdot (x_1 - 6)^2 + (x_1 - 6) \times$$

$$\times (x_2 - 6) + 3 \cdot (x_2 - 6)^2 = \min,$$

$$x_1 + x_2 = 0,$$

$$\bar{x}^* = (0; 0)^T;$$

– задача 10:

$$I(\bar{x}) = 3 \cdot x_1^2 + 5 \cdot x_1 \cdot (x_2 - 8) + 3 \cdot (x_2 - 8)^2 = \min,$$

$$x_1 + x_2 = 0,$$

$$\bar{x}^* = (-4; 4)^T.$$

Тестовые задачи условной оптимизации 1–3 и 9, 10 взяты из [4], задачи 4–8 – из [5].

В качестве практических задач использованы задача формирования оптимального инвестиционного портфеля предприятия (инвестиционная задача) и задача формирования кредитного портфеля банка (банковская задача). Задача формирования оптимального инвестиционного портфеля предприятия состоит в составлении такого портфеля инвестиционных проектов, который смог бы принести инвестору наибольшую прибыль при приемлемом риске. При этом должны выполняться ограничения по выделяемым средствам, норме прибыли и общей рискованности портфеля. Задача формирования кредитного портфеля банка состоит в создании оптимального кредитного портфеля при наличии жестких ограничений по суммам имеющихся в наличии свободных кредитных ресурсов, их стоимости, процентным ставкам на выдаваемые кредиты, срокам привлечения ресурсов, максимальному размеру кредита на одного заемщика. Постановка практических задач и исходные данные взяты из [6; 7]. Эти задачи представляют собой задачи условной оптимизации большой размерности с бинарными переменными, алгоритмически заданными функциями и ограничениями-неравенствами.

В данной статье рассматривается возможность выбора для индивидуальных генетических алгоритмов трех типов селекции: пропорциональной, турнирной с турниром 2, ранговой; трех типов скрещивания: одноточечного, двухточечного, равномерного; трех методов учета ограничений: «смертельные штрафы» + «лечение» недопустимых индивидов, динамические штрафы, адаптивные штрафы [7]. Используется адаптивная мутация, предложенная в [4], не требующая настройки.

Для иллюстрации необходимости настройки параметров генетического алгоритма в табл. 1 представлены наилучшие настройки индивидуального ГА для тестовых и практических задач, найденные полным перебором комбинаций, основанном на многократных запусках алгоритмов и статистическом анализе. В случае статистической неразличимости показателей эффективности приведены несколько равноэффективных комбинаций настроек параметров алгоритма.

В табл. 1 представлены все три типа селекции, все три типа скрещивания и все три метода учета ограничений.

Это означает, что при отсутствии априорной информации о поведении целевой функции и ограничений фактически невозможно «угадать» оптимальную комбинацию настроек алгоритма, даже обладая серьезным опытом эволюционной оптимизации.

Основной комплекс исследований по проверке целесообразности использования коэволюционного подхода на задачах условной оптимизации был разбит на четыре этапа.

На этапе 1 индивидуальные алгоритмы тестируются по отдельности. Общее число комбинаций параметров алгоритма составляет 27 (три метода селекции, три метода скрещивания, три метода учета ограничений). Для каждой задачи каждый алгоритм тестируется по пять раз. Каждый тест включает 100 запусков алгоритма, по которым определяется *надежность*, т. е. отношение числа запусков, в которых с заданной точностью найден известный оптимум, к общему числу запусков, и *скорость*, т. е. средний номер поколения, на котором впервые в процессе найден оптимум. По пяти тестам усредняются значения надежности и скорости, а также проводится статистическое сравнение алгоритмов по ранговому критерию

Вилкоксона. В банковской задаче ввиду отсутствия известного оптимального значения приводятся значения средних и наилучшей прибыли банка.

На этапе 2 происходит коэволюционная свертка по селекции, при которой формируются коэволюционные комбинации по три алгоритма с одинаковым методом учета ограничений и типов скрещивания, но отличающиеся типом селекции. Общее число комбинаций сокращается в три раза – до девяти.

На этапе 3 проводится аналогичная свертка по методу учета ограничений и были получаются три коэволюционные комбинации по девять алгоритмов.

И, наконец, на этапе 4 используется итоговый коэволюционный алгоритм с автоматической настройкой всех трех параметров: селекции, скрещивания и метода учета ограничений.

Необходимо отметить, что итоговый коэволюционный алгоритм включает не все 27 индивидуальных алгоритмов, а только 18 (отсутствуют алгоритмы с одноточечным типом скрещивания). Это объясняется тем, что по результатам исследований было выяснено следующее: алгоритмы с одноточечным и двухточечным типом скре-

Таблица 1

Наилучшие параметры индивидуального ГА для задач условной оптимизации

Задача	Селекция	Скрещивание	Метод учета ограничений
Задача 1	Пропорциональная	Равномерное	«Смертельные» штрафы+«лечение»
Задача 2	Турнирная	Одноточечное	Адаптивные штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Адаптивные штрафы
	Турнирная	Одноточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Динамические штрафы
	Турнирная	Двухточечное	Адаптивные штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Адаптивные штрафы
Задача 3	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы
Задача 4	Турнирная	Одноточечное	Адаптивные штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Адаптивные штрафы
	Турнирная	Одноточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Динамические штрафы
	Турнирная	Двухточечное	Адаптивные штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Адаптивные штрафы
Задача 5	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы
Задача 6	Турнирная	Одноточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Динамические штрафы
	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы
Задача 7	Турнирная	Одноточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Динамические штрафы
	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы
Задача 8	Турнирная	Равномерное	Динамические штрафы
Задача 9	Турнирная	Одноточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Одноточечное	Динамические штрафы
	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы
Задача 10	Турнирная	Двухточечное	Динамические штрафы
Инвестиционная задача	Ранговая	Равномерное	Адаптивные штрафы
Банковская задача	Ранговая	Двухточечное	Динамические штрафы

щивания статистически незначительно отличаются друг от друга по эффективности, но при этом на некоторых задачах двухточечное скрещивание все же демонстрирует некоторое преимущество. Использование в итоговой коэволюции всех 27 алгоритмов приводит к некоторому снижению надежности и скорости на всех тестовых задачах. Вероятно, в этом случае будет превышено некоторое критическое число алгоритмов в коэволюционной комбинации, когда негативный эффект от роста числа алгоритмов начинает преобладать над положительным эффектом взаимодействия алгоритмов между собой.

Тестирование проходит при следующих общих настройках алгоритма: интервал адаптации (для коэволюционного алгоритма) – пять поколений; штраф для проигравших алгоритмов (для коэволюционного алгоритма) – 10 %; размер «социальной карты» (для коэволюционного алгоритма) – 10 %; допуск для нарушения ограничений-равенств – 0,005; процент «лечимых» индивидов в методе «смертельных штрафов» – 20 %; параметр C для динамических и адаптивных штрафов – 0,5; параметры β_1, β_2, k для адаптивных штрафов – 1,4; 1,2; 3. Значения всех этих параметров рекомендованы по результатам предыдущих исследований и не требуют настройки.

В тестовых задачах интервал для переменных – $[-10; 10]$, дискретность для переменных – 0,001. В практических задачах соответствующая информация загружается из файла. Число поколений – 100, за исключением инвестици-

онной задачи (30 поколений). Начальное число индивидов в алгоритмах приведено в табл. 2.

Изменение начального ресурса индивидуальных алгоритмов на различных этапах обусловлено тем, что общий ресурс всех алгоритмов в коэволюционной комбинации (или отдельного алгоритма на первом этапе) остается неизменным. Уменьшение ресурса для задач с ограничениями-равенствами вызвано тем, что была использована генерация начальных популяций допустимыми индивидами, что при наличии ограничений-равенств сказывается на скорости работы алгоритма в целом. В практических задачах все искомые переменные являются бинарными, что сокращает длину бинарной строки-хромосомы и уменьшает необходимое число вычислений целевой функции с ограничениями.

Результаты исследований для задач с ограничениями-неравенствами, ограничениями-равенствами и для практических задач приведены в табл. 3...6. Жирным шрифтом выделены наилучшие показатели для каждой тестовой задачи (первоочередным показателем является надежность, следующим по значимости – скорость сходимости, для банковской задачи первоочередной показатель – лучшее значение прибыли). В случае статистической неразличимости выделяется несколько показателей.

На всех тестовых задачах условной оптимизации с ограничениями-неравенствами и на практических задачах, которые также являются задачами с ограничениями-неравенствами, видно существенное повышение средних

Таблица 2

Начальный ресурс для алгоритмов

Класс задач	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4
С ограничениями-неравенствами	600	200	66	33
С ограничениями-равенствами, практические задачи	180	60	20	10

Таблица 3

Результаты исследований для задач 1...4 с ограничениями-неравенствами

Этап	Показатель	Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4	
		Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость
Этап 1	Средний	24,91	64,08	66,13	63,49	67,93	62,14	73,54	59,64
	Лучший	73,60	70,80	100,00	55,20	100,00	60,60	100,00	62,60
Этап 2	Средний	76,78	74,15	89,47	38,56	90,00	51,22	95,93	52,80
	Лучший	98,80	78,00	100,00	31,20	100,00	30,20	100,00	38,20
Этап 3	Средний	94,93	69,60	99,87	25,07	99,80	34,40	100,00	28,20
	Лучший	96,60	65,00	100,00	23,20	100,00	30,20	100,00	27,00
Этап 4		99,00	57,80	100,00	23,00	100,00	31,40	100,00	27,00

Таблица 4

Результаты исследований для задач 5–8 с ограничениями-неравенствами

Этап	Показатель	Задача 5		Задача 6		Задача 7		Задача 8	
		Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость
Этап 1	Средний	6,62	73,24	54,99	61,51	8,01	70,49	41,96	78,79
	Лучший	29,20	73,40	100,00	68,00	32,00	71,00	74,80	70,00
Этап 2	Средний	47,29	69,43	83,49	55,93	49,04	69,44	89,13	67,82
	Лучший	89,20	72,20	100,00	46,20	91,40	75,60	100,00	63,60
Этап 3	Средний	97,60	51,33	98,07	41,07	98,20	54,20	100,00	48,07
	Лучший	99,40	48,60	99,20	36,00	99,80	50,40	100,00	41,40
Этап 4		99,00	48,00	98,20	39,40	99,60	50,20	100,00	44,80

показателей эффективности на каждом этапе коэволюционной свертки, а для большинства задач – и наилучших показателей.

Итоговый коэволюционный алгоритм (этап 4) работает эффективнее самого лучшего индивидуального алгоритма в семи из восьми тестовых задачах с ограничениями-неравенствами, а также в обеих практических задачах. Наиболее ярко это выражено в задачах 5 и 7: надежность наилучших индивидуальных алгоритмов составляет 29,2 и 32,0 % соответственно, а итогового коэволюционного алгоритма – 99,0 и 99,6 % соответственно при одинаковом ресурсе. Таким образом, в задачах условной оптимизации с ограничениями-неравенствами имеет место значительный положительный эффект взаимодействия алгоритмов между собой, чего не наблюдается в такой степени в задачах безусловной оптимизации. Эти результаты, а также результаты, полученные в [2], позволяют сделать общий вывод о том, что коэволюционный алгоритм в задачах безусловной оптимизации работает лучше алгоритмов со средними настройками, но все-таки хуже алгоритма с наилучшими настройками.

В некоторых случаях на промежуточных этапах свертки алгоритмов (для задачи 6 – на этапе индивидуальных алгоритмов) встречаются коэволюционные комбинации, которые несколько превосходят итоговый коэволюционный алгоритм. Так, в задачах 3 и 8 итоговая коэволюция обеспечивает максимальную надежность, однако на предыдущих этапах встречаются комбинации алгоритмов, которые дают улучшение по скорости сходимости в среднем на одно и три поколения соответственно. В задаче 6 есть промежуточная неполная комбинация алгоритмов и индивидуальный алгоритм, которые дают выигрыш по надежности на 2 % по сравнению с итоговым коэволюционным алгоритмом. Для инвестиционной задачи неполная комбинация на этапе 2 дает выигрыш в 2 % по надежности и в пять поколений по скорости сходимости.

Для банковской задачи на этом же этапе найдено решение, дающее выигрыш в прибыли по сравнению с решением на этапе 4 в 20 080 руб. (0,012 % от значения целевой функции). Однако эти отличия можно считать малозначительными, так как выигрыш до пяти поколений по скорости сходимости или до 2 % по надежности не сопоставим с затратами на поиск подходящей комбинации алгоритмов.

Аналогичные результаты получены в задачах с ограничениями-равенствами. Итоговый коэволюционный алгоритм значительно лучше среднего индивидуального в обеих задачах и значительно эффективнее лучшего индивидуального в задаче 9 (рост надежности с 56,8 до 80,2 %), в задаче 10 наблюдается снижение надежности на 3 % (с 37,2 до 34 %). Однако при этом в обеих задачах встречаются неполные коэволюционные комбинации, которые дают выигрыш в надежности по сравнению с итоговой коэволюцией в среднем на 13 и 11 % соответственно, что не может быть признано малозначительным.

Интересной особенностью коэволюционного алгоритма условной оптимизации является динамика перераспределения ресурсов между алгоритмами. Ниже приведены графики этого процесса на некоторых тестовых задачах при усреднении по 100 запускам (см. рисунок).

Похожая картина наблюдается и во всех остальных тестовых и практических задачах: к максимальному размеру ресурса стремятся шесть алгоритмов, когда как остальные либо стабилизируются, либо стремятся к минимуму, т. е. к размеру «социальной карты». Во всех случаях шесть лидирующих алгоритмов одни и те же: это алгоритмы с методом учета ограничений («смертельные штрафы» + «лечение» локальным поиском). Иными словами, алгоритмы с динамическими или адаптивными штрафами даже при минимальном ресурсе обеспечивают существенное увеличение эффективности работы коэволюционного алгоритма в целом.

Таблица 5

Результаты исследований для задач с ограничениями-равенствами

Этап	Показатель	Задача 9		Задача 10	
		Надежность, %	Скорость	Надежность, %	Скорость
Этап 1	Средний	29,37	51,39	17,21	50,76
	Лучший	56,8	71,8	37,2	75,4
Этап 2	Средний	83,80	63,91	32,82	67,67
	Лучший	93,6	70,2	45,4	51,8
Этап 3	Средний	75,07	52,67	35,47	57,73
	Лучший	79,8	48,4	36,4	56,0
Этап 4		80,2	54,0	34,0	59,0

Таблица 6

Результаты исследований на практических задачах

Этап		Инвестиционная задача		Банковская задача		
		Надежность, %	Скорость	Лучшая прибыль	Средняя прибыль	Скорость
Этап 1	Средний	55,29	18,07	199 760 935,7	199 606 449,8	60,37
	Лучший	97,0	16,6	199 843 184	199 617 408	65
Этап 2	Средний	73,36	15,64	199 840 746,7	199 673 820,4	80,22
	Лучший	100,0	12,8	199 893 440	199 672 480	82
Этап 3	Средний	98,93	16,53	199 844 565,3	199 643 189,3	81,0
	Лучший	99,6	15,6	199 870 448	199 643 520	79
Этап 4		98,2	18,2	199 869 360	199 638 544	76

Таким образом, проведенные исследования полностью подтверждают целесообразность использования коэволюционного подхода в задачах условной оптимизации с ограничениями в виде неравенств и равенств. При этом подходе, помимо того, что устраняется проблема настройки параметров алгоритма, также достигается эффективность, превосходящая эффективность наилучшего индивидуального алгоритма на большинстве задач.

Коэволюционный алгоритм условной оптимизации позволяет решать сложные прикладные задачи условной оптимизации при невозможности использования классических детерминированных методов оптимизации и значительных затратах на вычисление целевой функции с ограничениями. К таким задачам может относиться автоматизированное генерирование интеллектуальных информационных технологий (нейронных сетей, экспертных систем на нечеткой логике и т. п.), применяемое при классификации, распознавании, прогнозировании, построении регрессионных зависимостей и др.

Библиографический список

1. Семенкин, Е. С. Метод обобщенного адаптивного поиска для синтеза систем управления сложными объектами / Е. С. Семенкин, В. А. Лебедев. М. : Макс-Пресс, 2002.
2. Об эволюционных алгоритмах решения сложных задач оптимизации / Е. С. Семенкин, А. В. Гуменникова,

М. Н. Емельянова, Е. А. Сопов // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. Красноярск, 2003. Вып. 5. С. 14–23.

3. Сергиенко, Р. Б. Коэволюционный алгоритм условной оптимизации: разработка и приложения / Р. Б. Сергиенко // Тр. Междунар. науч.-техн. конф. «Интеллектуальные системы» и «Интеллектуальные САПР». В 4 т. Т. 1. М. : Физматлит, 2008. С. 33–40.

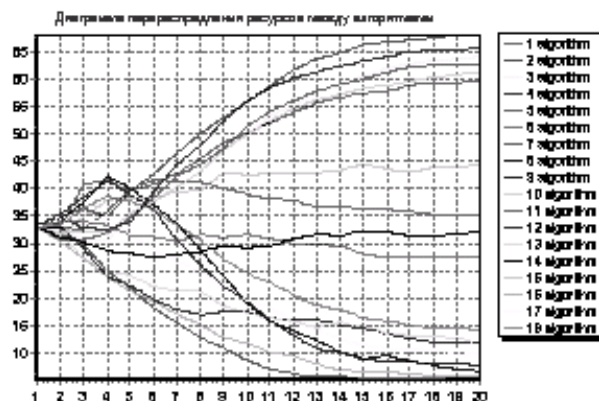
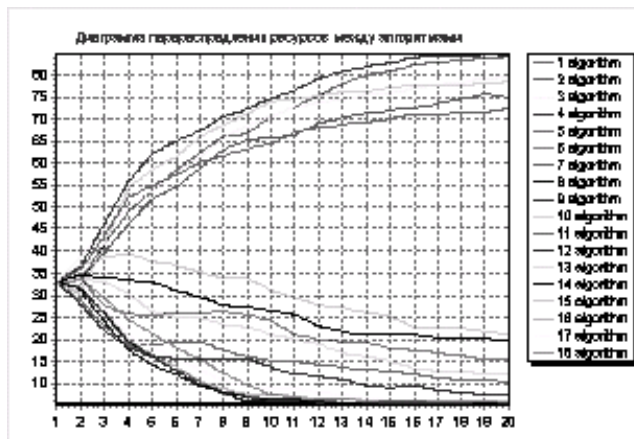
4. Ворожейкин, А. Ю. Адаптивные эволюционные алгоритмы решения сложных задач оптимизации : дис. ... канд. техн. наук / А. Ю. Ворожейкин. Красноярск, 2008.

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

6. Кleshkov, В. М. Модели и алгоритмы распределения общих ресурсов при управлении инновациями реструктурированного машиностроительного предприятия / В. М. Кleshkov, Е. С. Семенкин // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. № 3. С. 24–31.

7. Семенкин, Е. С. Модели и алгоритмы для поддержки принятия решений инвестиционного аналитика / Е. С. Семенкин, А. Ю. Ворожейкин, А. В. Медведев // Вестн. Том. гос. ун-та. Серия «Информатика. Кибернетика. Математика». 2006. № 293. С. 63–70.

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



Графики перераспределения ресурсов между алгоритмами для задач 1 и 7

R. B. Sergienko

EFFECTIVENESS INVESTIGATION OF COEVOLUTIONARY GENETIC ALGORITHM FOR CONSTRAINED OPTIMIZATION PROBLEMS

The effectiveness of coevolutionary genetic algorithm and individual conventional genetic algorithms for constrained optimization problems is compared with testing and applied tasks. The coevolutionary algorithm is demonstrated to be not less effective than the best one for problem-in-hand individual conventional genetic algorithm.

Keywords: constrained optimization, genetic algorithm, coevolution, investments, credits.

© Сергиенко Р. Б., 2009

И. А. Капчинский, П. В. Ковалев, С. Н. Гриценко

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА МУЛЬТИВЕРСИОННЫХ АРХИТЕКТУР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Предложена методика анализа мультиверсионных архитектур программного обеспечения, позволяющая использовать алгоритмы и методы анализа сетей на этапе определения надежности отказоустойчивого программного обеспечения.

Ключевые слова: надежность, мультиверсионность, сети, методы оценки, методы анализа сетей.

Компоненты программного обеспечения (ПО), обладающие свойством отказоустойчивости, уже много лет являются неотъемлемой составляющей как коммерческих, так и специальных систем управления и обработки информации. Известны различные методы проектирования отказоустойчивого программного обеспечения [1]. Хорошие перспективы в этой области имеет метод мультиверсионного проектирования [2].

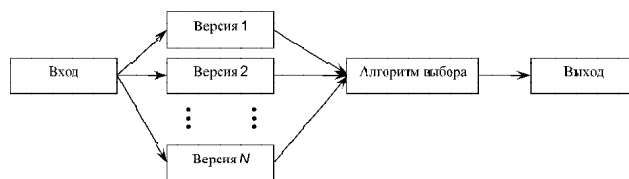
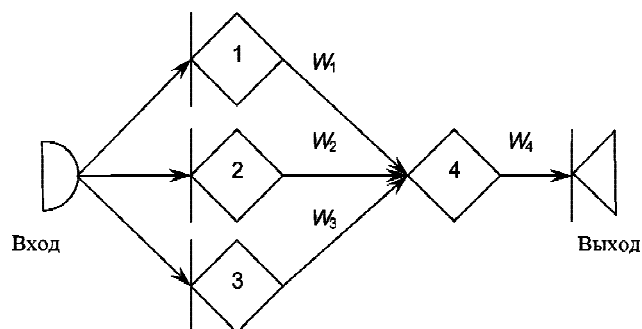
Однако, учитывая сложность мультиверсионных систем управления и обработки информации и множество параметров системы, которые могут изменяться во времени, осуществлять прогноз времени завершения задач, и оценивать надежность системы, основываясь только на статистических или детерминированных моделях систем или программ, достаточно сложно, а в некоторых случаях просто невозможно. Это обстоятельство представляется нам научной проблемой, выражающейся в необходимости поиска новых подходов к анализу надежности, а также временных характеристик работы программного обеспечения, построенного на основе мультиверсионной архитектуры.

Одним из таких подходов является графоаналитический метод, основанный на использовании GERT-сетей [3]. Основное достоинство этого подхода заключается в том, что он может быть успешно применен к решению практически любой задачи сетевого анализа и дает возможность составить формальные процедуры для определения вероятностно-временных характеристик системы.

Опишем модель мультиверсионного ПО, основанного на N -версионной архитектуре [4] (рис. 1) в виде GERT-сети (рис. 2), и рассчитаем ее основные характеристики при условии, что количество мультиверсий $N = 3$, а остальные параметры представлены в таблице.

Узлы стохастической сети (см. рис. 2) могут быть интерпретированы как состояния системы, а дуги – как переходы из одного состояния в другое. Такие переходы можно рассматривать как выполнение обобщенных операций, характеризующих плотностью распределения, или функцией массы, и вероятностью выполнения [5].

Каждый внутренний узел стохастической сети выполняет две функции, одна из которых касается входа в узел, а другая – выхода. Обычно эти функции называют входной и выходной. Входная функция определяет условие, при котором узел может быть выполнен, а выходная – совокупность условий, связанных с результатом выполнения узла. Другими словами, с помощью выходной функции указывается, должны ли выполняться все операции, которым данный узел непосредственно предшествует, или только одна из них. Отметим, что начальный узел сети выполняет только выходную функцию, в то время как конечный узел – только входную.

Рис. 1. Модель N -версионного программированияРис. 2. Модель N -версионного программирования в виде GERT-сети

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);

Характеристика операций

Ветвь	Вероятность того, что операция будет выполнена p_i	Тип распределения	Параметры, мс
(1, 4)	0,85	Нормальное	$m = 0,5$ $\sigma = 0,1$
(2, 4)	0,85	Нормальное	$m = 0,5$ $\sigma = 0,1$
(3, 4)	0,85	Нормальное	$m = 0,5$ $\sigma = 0,1$
(4, выход)	0,99	Нормальное	$m = 2$ $\sigma = 0,5$

– 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).

Используются следующие виды выходных функций:

- детерминированная функция (все дуги, выходящие из узла, выполняются, если узел активирован);
- стохастическая функция (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 [3].

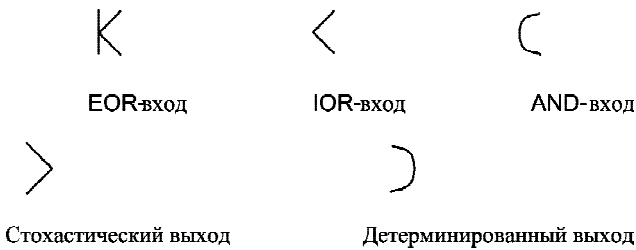


Рис. 3. Графическое обозначение входных и выходных функций GERT-сети

Необходимым и достаточным условием функционирования мультиверсионного модуля ПО является выполнение хотя бы одной мультиверсии. Поэтому узел 4 на рис. 2 является узлом с IOR-входом. Выбор данного типа узла основан на том, что этот узел активируется при выполнении любой дуги, входящей в него.

Рассмотрим методику расчета сети, содержащей IOR-вход и детерминированный выход (рис. 4) и состоящей из нескольких подсетей (рис. 5).

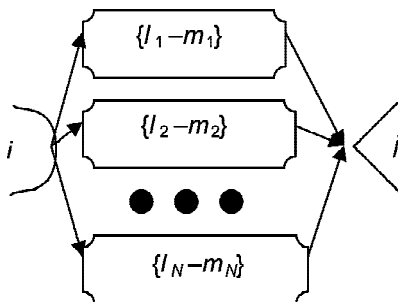


Рис. 4. IOR-вход: j – вычисляемый IOR-вход, имеющий стохастическое начало в узле i ; $\{l_1 - m_1\}$, $\{l_2 - m_2\}$, ..., $\{l_N - m_N\}$ – N непересекающихся подсетей

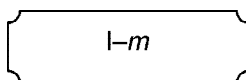


Рис. 5. Произвольная подсеть с начальным узлом l и конечным узлом m

Пусть p_{ij} – вероятность того, что операция (i, j) будет выполнена при условии, что узел i выполнен. Тогда по представленной выше таблице имеем:

$$p_j = p_i [1 - (1 - p_{l_1, m_1 k}) \times \times (1 - p_{l_2, m_2 k}) \dots (1 - p_{l_N, m_N k})]. \quad (1)$$

Учитывая, что от входа до узла 4 находится три непересекающиеся подсети, используя выражение (1), в данном частном случае получим

$$p_4 = p_{вх} [1 - (1 - p_1) (1 - p_2) (1 - p_3)] = = 1 - (1 - 0,85)^3 = 0,996\,625. \quad (2)$$

Воспользовавшись правилом Мейсона для замкнутых потоковых графов, выведем эквивалентную W -функцию [5] для этой сети:

$$W_E(s) = W_{\Sigma}(s) \cdot W_4(s) = = 0,996\,6e^{0,5s + \frac{1}{2}0,1^2 \cdot s^2} \cdot 0,99e^{2s + \frac{1}{2}0,5^2 \cdot s^2} = = 0,986\,6e^{2,5s + 0,13s^2}. \quad (3)$$

Легко проверить, что для рассматриваемой задачи $W_E(0) = 0,986\,6$. Данную величину можно интерпретировать как вероятность безотказной работы мультиверсионного ПО. В свою очередь математическое ожидание времени выполнения сети составит

$$\mu_{1E} = \frac{\partial M_E(s)}{\partial s} \Big|_{s=0} = \frac{\partial \left(\frac{W_E(s)}{W_E(0)} \right)}{\partial s} \Big|_{s=0} = 2,5 \text{ мс}, \quad (4)$$

а дисперсия будет

$$\mu_{1E} = \frac{\partial^2 M_E(s)}{\partial s^2} \Big|_{s=0} = 6,51 \text{ мс}^2. \quad (5)$$

Следует заметить, что при расчете сети, содержащей IOR-вход и детерминированный выход, если все подсети представляют собой мультиверсионные модули с одинаковой надежностью, то формула (1) может быть сведена к виду

$$p_j = p_i \cdot [1 - (1 - p_{l,m})^n]. \quad (6)$$

Графическая зависимость между числом мультиверсионных модулей и надежностью системы приведена ниже (рис. 6). На оси X обозначено количество мультиверсий, на оси Y – надежность системы для разного количества модулей с разной надежностью каждого модуля (от 30 до 80 %).

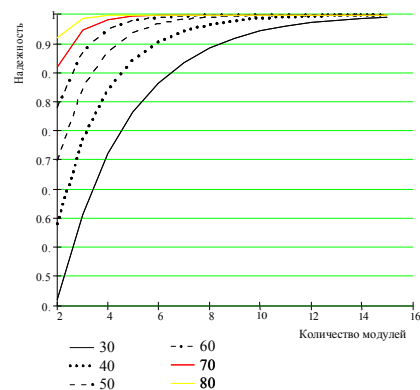


Рис. 6. Зависимость между числом мультиверсионных модулей и надежностью системы

Таким образом, использование графоаналитического метода на основе GERT-сетей для анализа мультиверсионных архитектур программного обеспечения является перспективным, так как позволяет аналитически оценить вероятностно-временные характеристики мультиверсионного ПО любой сложности без построения громоздких имитационных сред и комплексов моделирующих программ.

Библиографический список

1. Kovalev, I. System of Multi-Version Development of Spacecrafts Control Software / I. Kovalev. Sinzheim : Universitate Verlag, 2001.

2. Ковалев, И. В. Мультиверсионный метод повышения программной надежности информационно-телекоммуникационных технологий в корпоративных структурах / И. В. Ковалев, Р. В. Юнусов // Телекоммуникации и информатизация образования. 2003. № 2 (15). С. 50–56.

3. Ковалев, П. В. Определение надежности мультиверсионного программного обеспечения с использованием методов анализа сетей / П. В. Ковалев, А. Н. Лайков, С. Н. Гриценко // Вестник СибГАУ. 2009. № 1 (22). Ч. 2. С. 55–60.

4. Avizienis, A. The Methodology of *N*-Version Programming / A. Avizienis // Software Fault Tolerance. New York : John Wiley & Sons, 1995.

5. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. М. : Мир, 1984.

I. A. Kapchinsky, P. V. Kovalev, S. N. Gritzenko

GRAPH-ANALYTIC RESEARCH OF SOFTWARE BASED ON *N*-VERSION ARCHITECTURE

*In this article the research technique the *N*-version software reliability is offered. It allows using algorithms and methods of network analysis for the reliability research of software, developed using *N*-version approach.*

*Keywords: reliability, *N*-version, networks, estimation methods, network analysis.*

© Капчинский И. А., Ковалев П. В., Гриценко С. Н., 2009

УДК 681.3

Е. А. Энгель, О. И. Завьялова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ЗРИТЕЛЬНЫХ СЦЕН

Описана иерархическая искусственная нейронная сеть для решения задач распознавания образов, сгруппированных в произвольную сцену. Разработана математическая модель системы распознавания связанных фрагментов образов на основе взаимодействия подсистем внимания и распознавания.

Ключевые слова: нейронная сеть, иерархия, распознавание.

Существующие в настоящее время системы распознавания образов на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) обладают значительным количеством недостатков. В частности при разработке комплексов, решающих проблему интерпретации изображений, особое внимание уделяется узнаванию определенных групп образов. Однако поиск в доступных источниках информации о системах, способных к саморазвитию, т. е. к «расширению кругозора», приводит к крайне скудным результатам. Это объясняется высокой сложностью проектирования и реализации проектов такого класса. Ведь на самом деле реальный процесс распознавания, протекающий в самой совершенной системе анализа – человеческом мозге, состоит не только в том, чтобы проверить сходство анализируемого объекта с запомненным эталоном. Это достаточно сложное взаимодействие между различными подсистемами мозга. Ошибочно также считать, что

сигналы от сетчатки до терминальных корковых центров, принимающих решение, распространяются прямолинейно. Распознавание – это итеративный процесс, в котором до принятия окончательного решения происходит не только сравнение входного образа с эталоном, но и генерация гипотез по классификации объекта. Столкновение соответствующих потоков нейронных импульсов приводит к дальнейшему уточнению характеристик образа до тех пор, пока не произойдет согласования между этими потоками.

Кроме того, в процессе классификации нередко случается так, что наш мозг не содержит точного представления эталона, однако это не мешает ему найти правильный результат.

Другим немаловажным аспектом создания систем распознавания образов является выделение существенных фрагментов сцены для их интерпретации, т. е. селекция образов, расположенных на сцене. В противном слу-

чае анализируется вся сцена, со всеми вытекающими отсюда последствиями полного перебора пространства решений. Существующие реализации таких систем в качестве входных данных требуют сцен, практически полностью очищенных от шумов, а при даже незначительных зашумлениях дают неверные результаты.

Таким образом, актуальность дальнейших исследований ИНС обосновывается необходимостью в разработке математического аппарата новых программных архитектур, алгоритмов функционирования и обучения этих сетей для обеспечения более надежных результатов распознавания сложных объектов, находящихся на произвольном фоне. Основные усилия при этом направлены на разработку интеллектуальной составляющей иерархической ИНС, позволяющей программному комплексу анализировать только существенные компоненты входного вектора.

Теоретико-методологической основой для данной статьи явились исследования в области компьютерного зрения, нашедшие отражение в трудах Д. Хьюбела, Т. Визелла, К. Фукушимы, С. Гроссберга, Й. Ле Куна, М. Ризенхубера, Т. Поггио, Г. А. Карпентер, Ж. Ли, Д. К. Цоцос, Л. Итти, С. Бейнке [1–5].

Современная теория нейросетевых вычислений предлагает большое число моделей и алгоритмов нейронных сетей, в той или иной степени позволяющих распознать образ на сцене. Однако большинство таких моделей имеют значительные ограничения по представлению образа. Другими словами, они могут выполнить распознавание только при условии минимальных шумов и отсутствии трансформации анализируемого объекта, расположенного на «белой» сцене. Кроме того, образ требует определенного масштабирования. В конечном счете подобные ограничения привели к сужению области распространения таких моделей.

Как показано в [1], для создания систем, обладающих большими возможностями, потребовалось ввести определенную специализацию частей ИНС, задать соответствующую архитектуру, увеличить количество типов нейронов и синаптических связей, используемых внутри модели. Ввиду такого усложнения большинство исследователей сосредоточили свои усилия в относительно узких областях теории распознавания, таких как анализ рецептивных полей или конкурентное взаимодействие нейронов. Однако исследования, ставившие своей целью конструирование универсальной системы распознавания объектов, в результате привели к созданию огромных и в значительной степени избыточных архитектур ИНС. Процесс анализа образа в основном происходил путем перебора множества комбинаций соседних нейронов.

Таким образом, к главным недостаткам существующих подходов можно отнести отсутствие интеллектуализации, т. е. направленного и осмысленного поиска моделей. Другой недостаток – неассоциативный характер хранения образов, что самым негативным образом сказывается на распознавании.

Исходя из анализа доступных источников, авторами был сделан вывод о том, что предпринимаемые попытки осознать процесс распознавания – это скорее количественный, чем качественный путь решения.

Иерархическая ИНС, уровни которой представлены на рис. 1, является ядром модели распознавания для вы-

деления существенных фрагментов сцен и состоит из нескольких слоев, каждый из которых включает группу двумерных плоскостей нейронов. Нейроны, образующие плоскости в слоях, будем называть клетками характеристическими (или свойствами).

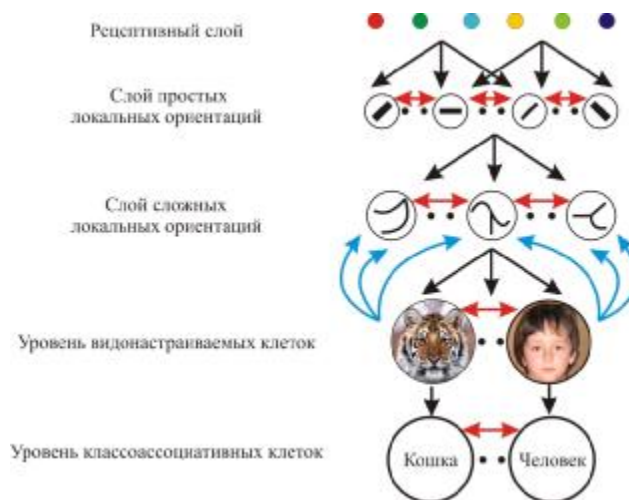


Рис. 1. Уровни иерархической ИНС

Такое представление дает возможность анализировать интересующий нас фрагмент на нескольких уровнях абстракции. С повышением уровня происходит увеличение числа плоскостей с одновременным уменьшением пространственного разрешения. Предложенная организация нейронов в двумерные плоскости в первых трех уровнях, изображенных на рис. 1, и МАХ-слоях (это дополнительный подуровень в слоях простых и сложных локальных ориентаций), мотивируется тем, что близко-расположенные фрагменты коррелируют в большей степени, нежели более удаленные друг от друга области. Информация о базовых функциях, реализуемых на каждом уровне, приведена в таблице.

Клетки простых локальных ориентаций (фрагментов прямых линий), или *S*-клетки, обладают рецептивным полем переменного размера, что позволяет выполнить нормирование образа для последующих уровней ИНС и в определенной степени обеспечить инвариантность к масштабированию образов. Расположение нейронов с рецептивным полем переменного размера внутри слоев простых и сложных характеристик позволяет решить две задачи: во-первых, произвести оценку входного вектора нейронами, обладающими различными рецептивными полями; во-вторых, включить последствия одного слоя в латеральное соревнование. Последнее помогает более точно определить клетки ИНС с синаптическими соединениями, настроенными на соответствующие компоненты, попавшие в рецептивное поле.

В *S*-клетках с переменным рецептивным полем ИНС производит выделение значимых компонент для полуконного представления входного изображения, расположенного в рецептивном слое. К значимым компонентам образа, обрабатываемым клетками, относятся части линий определенных ориентаций: 0 , $\pi/4$, $\pi/2$, $3\pi/4$. Каждая ориентированная значимая компонента представлена в нескольких вариантах. Другими словами, клетки анализируют не только ориентацию, но и толщину линии

полутонного представления в рецептивном слое. Это делается для уменьшения зависимости качества распознавания от колебаний границ между фоном и анализируемым образом (или границ между участками образа). Извлечение локальных характеристик этими плоскостями осуществляется посредством одного из двух фильтров: дифференциального фильтра Гаусса или фильтра Габора.

Размеры рецептивного поля для S -клеток рассчитываются по выражению

$$h = w = \max(H_2 \operatorname{div} H_1, W_2 \operatorname{div} W_1),$$

где h, w – соответственно ширина и длина рецептивного поля; H_1, W_1 – размеры плоскости, содержащей S -клетку; H_2, W_2 – размеры обрабатываемого фрагмента на рецептивном уровне. Значения синаптических весов устанавливаются после получения параметров h и w .

Для уменьшения избыточности данных, являющейся следствием использования групп плоскостей с равным параметром ориентации, но с отличающимся значением ширины локальной характеристики, используется подход связывания выходных сигналов таких групп. Группирование производится в MAX-плоскостях, совпадающих по размерам с ассоциированными S -плоскостями. Каждый нейрон MAX-плоскости, расположенный на позиции v , получает сигналы состояния всех нейронов, входящих в одну группу и находящихся на этой же позиции v , и получает от них максимальный отклик. Значение максимального выхода афферента и становится выходом MAX-нейрона v :

$$U(\operatorname{MAX}, v, \zeta) = \max_{k \in A_c} (U(S, v, k)),$$

где ζ – номер плоскости в MAX-слое; $U(S, v, k)$ – выход S -клетки, попавшей в область связи нейрона v ; A_c – S -плоскости, расположенные на одном уровне и обладающие клетками с равным значением ориентации.

Уровень сложных характеристик, или C -слой, обладает подуровнем сложных свойств, являющихся комбинацией простых характеристик, выделенных на раннем этапе и сгруппированных в MAX-плоскостях. Для свертки простых характеристик применяется метод Фукушимы, основанный на совместном использовании возбуждающих и тормозящих сигналов. Выход клетки сложных характеристик производится следующим образом:

$$U(C, v, \zeta) = r_v \times \varphi \times$$

$$\times \left[\frac{1 + \sum_{n=1}^{K_{\operatorname{MAX}}} \sum_{\mu \in A_v} a(C, \xi, \mu, \zeta) \cdot U(\operatorname{MAX}, v + \mu, n)}{1 + \frac{r_v}{r_v + 1} \cdot b(C, \xi) \cdot U(V, v)} - 1 \right],$$

где A_v – область связи соответствующей C -клетки; r_v – параметр селективности (степень близости входного сигнала и сигнала, которому были научены синапсы клетки); $\varphi(\dots)$ – порогово-линейная функция;

$$U(V, \xi) =$$

$$= \sqrt{\sum_{n=1}^{K_{\operatorname{MAX}}} \sum_{\mu \in A_v} d(V, \xi) \cdot U^2(\operatorname{MAX}, v + \mu, n)},$$

где K_{MAX} – количество плоскостей в MAX-слое.

После определения нейрона-победителя в каждой области гиперколонарного торможения производится настройка его весов:

$$\Delta a(C, \xi, \mu, \zeta) = q \cdot d(V, \mu) \cdot U(\operatorname{MAX}, v + \mu, n),$$

$$\Delta b(C, \zeta) = q \cdot U(V, v),$$

где q – коэффициент скорости обучения.

Предпоследний уровень иерархической ИНС – уровень видонастраиваемых нейронов (ВНН) – служит для запоминания визуального представления целых объектов. Компоненты вектора весов каждой видонастраиваемой клетки служат для указания вклада сложных характеристик для каждого запомненного класса. Решение задачи поиска визуального представления сводится к нахождению таких ВНН, для которых расстояние компонент весового вектора до выходов C -слоя минимально.

Активность фрагмента C -слоя позволяет предположить, что имеется вероятность принадлежности входного фрагмента к одному из запомненных образов. Существуют три стратегии поиска образа: восходящая, в которой процессом управляют выходы C -слоя, нисходящая, в которой контроль осуществляется ВНН, и комбинированная, сочетающая предыдущие стратегии. Перед запуском процедуры поиска фиксируются следующие значения $D_{\max}$ – минимально возможного отклонения сегмента от представления образа, при котором отвергается гипотеза о принадлежности сегмента к указанному виду; R – первоначальных окрестностей C -клеток, инициирующих поиск; r – шага увеличения окрестности; $U_{\min}(C)$ – минимальной активности сложной клетки, при которой последняя запускает поиск; $w_{\min}$ – минимального значения веса синапса ВНН, инициирующего процедуру восходящего поиска.

Необходимо отметить, что начальные шаги всех стратегий поиска совпадают и выглядят следующим образом.

Шаг 1. Активизировать сеть (здесь предполагается, что настройка сложных клеток уже произведена). Рассчитать активности плоскостей сложных характеристик.

Шаг 2. Выбрать сложные клетки, активность которых превышает:

$$U_{\min}(C, v, \zeta):$$

$$\forall v: v \in \operatorname{Layer}(C), U(C, v, \zeta) > U_{\min}(C, v, \zeta).$$

Найти области r , включающие все выбранные сложные клетки и их начальные окрестности R .

Шаг 3. Для анализируемых ВНН; или VTU (на первой итерации это все связанные ВНН) найти расстояние компонент вектора весов от выходов ассоциированных с ними выбранных сложных клеток v :

$$\forall VTU: VTU \in \Psi, d =$$

$$= \sqrt{\sum_{p \in M} (\delta \cdot w(p, \zeta) \cdot (w(p, \zeta) - U(C, p, \zeta)))^2},$$

где Ψ – область, анализируемых ВНН; $w(p, \zeta)$ – значение синаптического веса ВНН, связанного с клеткой p в плоскости ζ ; $0 < \delta < 1$ – константа масштабирования.

Шаг 4. Исключить из Ψ клетки с расстоянием d , превышающим $D_{\max}$:

$$\Psi = \bigcup_j VTU_j: d_j < D_{\max}.$$

Шаг 5. Если $\Psi = \emptyset$, то выдать сообщение об отсутствии такого образа в памяти; если иначе, то перейти к шагу 6.

Шаг 6. Если обработаны сигналы от всех сложных клеток $M \equiv \bigcup_i p_i$, то перейти к шагу 7; если иначе, то перейти к шагу 8.

Шаг 7. Выдать информацию о ВНН, входящих в Ψ , в порядке возрастания расстояния d_j .

Шаг 8. Этот шаг зависит от направления анализа:

– для восходящего анализа: увеличить размеры регионов анализа (активных сложных клеток и их окрестностей) на величину r . Если регионы пересекаются, то объединить их. На этом этапе происходит увеличение M . Перейти на шаг 3;

– для нисходящего анализа: выбрать еще не анализировавшиеся синапсы клетки с $w(p, \zeta) > w_{\min}$, исключить из M области оценки восходящим методом и включить регионы, ассоциированные с $w(p, \zeta)$, с новыми начальными окрестностями R (при самом первом запуске); если такие синапсы отсутствуют, то увеличить R на r . Перейти на шаг 3.

Комбинированная стратегия одновременно использует шаг 8 и для восходящего, и для нисходящего поиска.

Предложенный выше механизм ассоциативного поиска позволяет ускорить поиск решения как за счет корреляции близких максимально информативных фрагментов образа, так и за счет исследования наличия у образа существенных признаков.

Последний уровень иерархической ИНС – слой классоассоциативных нейронов (КН) – служит для представления классов в ИНС. В процессе работы сети происходит усиление связей между ВНН и КН, если учитель указывает на существование класса образа. Усиление этой связи также происходит и в дальнейшем, если система повторно распознает образ или ей принудительно указжут на этот фрагмент. Правило обучения следующее:

$$u(\zeta, j) = (1 - \alpha) \cdot u(\zeta, j) + \beta \cdot u(\zeta, j) \cdot U^{-1}(\text{VIEW}, j),$$

где $u(\zeta, j)$ – значение синаптического коэффициента КН ζ , соединенного с ВНН j с максимальным выходным значением; α – скорость забывания; β – скорость обучения синапса; $U(\text{VIEW}, j)$ – выход ВНН.

Процесс распространения сигнала внутри иерархической ИНС включает следующие этапы:

- 1) обнуление активностей всех клеток сети;
- 2) активизацию клеток рецептивной плоскости выбранным сегментом, получение значений полутона как

выходного сигнала для всех возбужденных клеток плоскости;

- 3) расчет размеров рецептивных полей для нейронов уровня простых и подуровня простых локальных ориентаций слоя сложных характеристик;

- 4) установку значений синаптических весов для S -нейронов;

- 5) расчет активности S -клеток;

- 6) группировку результатов всех S -клеток операцией МАХ;

- 7) латеральное торможение в МАХ-подуровне уровня простых характеристик;

- 8) расчет активности C -клеток;

- 9) латеральное торможение МАХ- (для подуровня сложных характеристик) и C -плоскостей;

- 10) запуск ассоциативного поиска среди ВНН, определение множества результатов – образов, наиболее похожих на входной сегмент;

- 11) возбуждение классоассоциативных клеток.

Таким образом, предлагаемый в данной статье подход не только обеспечивает работу со сценами любой сложности, но и обладает возможностями адаптации и расширения в соответствии с запросами пользователя.

Разработанная модель иерархической ИНС обладает более эффективным алгоритмом интерпретации образов, расположенных на сценах, чем существующие современные модели, основанные на встречном распространении сигналов. Это является следствием фокусировки ресурсов на значимых регионах сцены и ассоциативного характера поиска в пространстве запомненных образов.

Алгоритм интеграции процессов восходящего внимания и сегментации позволяет, во-первых, сократить размерность обрабатываемых подсистемой распознавания регионов сцены за счет учета контраста визуальных параметров и, во-вторых, подчеркнуть возможность получения серии интерпретаций образов для одних и тех же областей.

Библиографический список

1. Learning Invariant Features through Topographic Filter Maps / K. Kavukcuoglu, M. A. Ranzato, R. Fergus, Y. LeCun // Proc. Intern. Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR-09). Miami, Fla, USA, 2009.

Функции уровней иерархической ИНС

Наименование уровня	Функции
Рецептивный уровень	Получение фрагмента сцены и хранение его полутонового представления
Слой простых локальных ориентаций	Выделение простых локальных ориентаций посредством рецептивных полей на базе дифференциального фильтра Гаусса или фильтра Габора
МАХ-слой	Нахождение максимального выхода нейронов, расположенных на одной позиции в разных плоскостях, с одинаковой ориентированностью, но обладающих разной толщиной
Слой сложных характеристик	Выделение сложных характеристик образа с помощью комбинации простых характеристик предыдущего этапа
Ассоциативная среда	Управление генерацией гипотез о природе образа
Уровень видонастраиваемых клеток	Представление образов, основанное на их визуальных характеристиках
Уровень восприятия классов	Представление классов образов

2. Serre, T. A feedforward architecture accounts for rapid categorization / T. Serre, A. Oliva, T. Poggio // Proc. of the National Academy of Science. 2007. Apr. Vol. 104 (15).

3. A quantitative theory of immediate visual recognition / T. Serre, G. Kreiman, M. Kouh, et al. // Progress in Brain Research, Computational Neuroscience: Theoretical Insights into Brain Function. 2007. Vol. 165.

4. Object recognition with cortex-like mechanisms / T. Serre, L. Wolf, S. Bileschi, et al. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2007. Vol. 29 (3).

5. A theory of object recognition: computations and circuits in the feedforward path of the ventral stream in primate visual cortex / T. Serre, M. Kouh, C. Cadieu, et al. ; Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA, 2005.

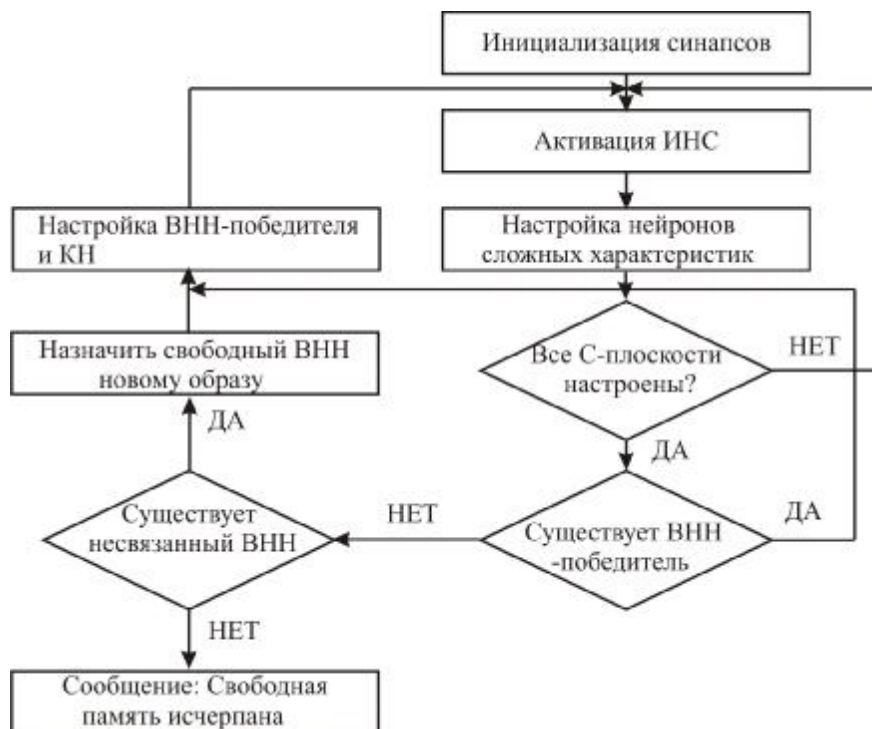


Рис. 2. Блок-схема алгоритма обучения иерархической искусственной сети

Е. А. Engel

USAGE OF HIERARCHICAL NEURAL NETWORKS FOR MULTIPLE VISION SCENES RECOGNITION

The hierarchical neural networks for solving problems of pattern recognition, grouped in an arbitrary scene are considered. The mathematical model of recognition system fulfilled on the interaction basis between subsystems of attention and recognition.

Keywords: neural network, hierarchy, recognition.

© Энгель Е. А., Завьялова О. И., 2009

Я. И. Якимов

ДВУХУРОВНЕВЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПОЛИКРИСТАЛЛОВ

Предложен новый эволюционный подход к решению задачи определения кристаллической атомной структуры поликристаллического вещества на основе метода полнопрофильного рентгеноструктурного анализа и генетического алгоритма глобальной оптимизации. Проведено исследование эффективности разработанного алгоритма на тестовых практических задачах изучения кристаллической структуры.

Ключевые слова: эволюционный алгоритм, рентгеноструктурный анализ поликристаллов, метод Ритвельда.

Информация о кристаллической атомной структуре вещества исключительно важна для объяснения и прогнозирования физических и химических свойств исследуемых материалов. Причем многие вещества, в частности многофазные материалы, доступны только в поликристаллической форме, что существенно затрудняет их исследование. Для изучения их структуры используются методы рентгеноструктурного анализа поликристаллов, интенсивно развиваемые в последние два десятилетия. В основе этих методов лежит анализ полного профиля рентгеновского дифракционного спектра (дифрактограммы), являющегося функцией интенсивности монохроматического рентгеновского излучения, рассеянного поликристаллическим образцом, от угла дифракции. К настоящему времени практически решены задачи определения параметров кристаллической решетки (методы индирования) и уточнения приближенной модели атомной структуры (метод Ритвельда). Основным математическим аппаратом для этих задач служит нелинейный метод наименьших квадратов (МНК). Однако определение адекватных структурных моделей для веществ в поликристаллической форме до сих пор является проблемой даже для относительно простых кристаллических структур [1].

В последние годы для решения этой задачи стали применяться методы прямого поиска [1], основанные на вероятностном генерировании тестовых моделей кристаллических структур, оценивании их по взвешенной разности профилей вычисленной модельной и экспериментальной дифрактограмм (профильному R -фактору) и поиске глобального минимума на соответствующей параметрической гиперповерхности для определения адекватной структурной модели. Одним из таких подходов явились эволюционные алгоритмы оптимизации, имитирующие в поиске оптимального структурного решения процессы естественного отбора [2]. Несколько реализаций такой концепции уже применялось для определения кристаллических структур [1; 3]. В данной статье для этой цели предложен двухуровневый гибридный генетический алгоритм (ГА) и описаны результаты его апробации на реальных дифрактограммах одно- и многофазных тестовых поликристаллических образцов с хорошо известной кристаллической структурой фаз-компонентов.

Полнопрофильное уточнение моделей кристаллических структур. В качестве инструмента для уточнения модели кристаллической структуры использован многофазный метод Ритвельда [4]. Суть этого метода состоит в моделировании экспериментального профиля дифракто-

граммы составной многопараметрической функцией профиля:

$$Y^{\text{мод}}(\mathbf{P}, \theta_j) = \sum_i^n \Omega_i(\mathbf{P}_L, \theta_j) I_i^{\text{расч}}(\mathbf{P}_S, \theta_j) + B(\mathbf{P}_B, \theta_j), \quad (1)$$

где θ_j – дифракционный угол; Ω_i – функции профиля дифракционных линий i , зависящих от набора профильных параметров $\mathbf{P}_L$ (центров, полуширины, формы, асимметрии линий и т. п.); $I_i^{\text{расч}}$ – расчетная интегральная интенсивность линий, зависящая от набора параметров структуры $\mathbf{P}_S$ (координат атомов, параметров их тепловых колебаний, кристаллографических индексов линий и т. п.); B – функция фона, зависящая от профильных параметров фона $\mathbf{P}_B$.

Сначала модель дифрактограммы рассчитывается по приближенным (начальным) значениям параметров $\mathbf{P}$, в том числе модельным координатам атомов в кристаллической ячейке вещества. В дальнейшем точные координаты атомов и прочие параметры, в том числе количественный фазовый состав в случае многофазного образца, определяются в результате математической подгонки модельного профиля дифрактограммы к экспериментальному профилю путем варьирования структурных и профильных параметров модели методом наименьших квадратов.

Формализуя подход, получаем следующую математическую задачу оптимизации. Экспериментальные данные (дифрактограмма) представляют дискретную последовательность $\{\theta_j, Y_j\}$ длины m , упорядоченную по возрастанию θ_j . Имеется некоторый класс параметрических функций $Y(\mathbf{P}, \theta)$ (функции метода Ритвельда), $\mathbf{P}$ – набор профильных и структурных параметров (вектор длины N), θ – независимый аргумент. Особенность задачи – большая размерность (100 и более параметров) и неполиномиальность функций.

По заданному распределению $Y^{\text{экс}}(\theta) = \{\theta_j, Y_j\}$ экспериментальных значений функции и исходным приближениям параметров $\mathbf{P}_0$ требуется найти функцию $Y^{\text{мод}}$ из класса $Y(\mathbf{P}, \theta)$ и оптимальный набор параметров $\mathbf{P}^*$ так, чтобы выполнялось условие

$$\Phi(\mathbf{P}) = \sum_j (Y^{\text{мод}}(\mathbf{P}, \theta_j) - Y^{\text{экс}}(\theta_j))^2 = \sum_j (Y(\mathbf{P}, \theta_j) - Y_j)^2 \rightarrow \min_{\mathbf{P}}, \quad (2)$$

где $\Phi(\mathbf{P})$ – функционал МНК.

Критерием качества решения МНК в соответствии с [4] принимали взвешенный модуль разности между модельным и экспериментальными профилями (профильный R -фактор):

$$R = \sqrt{\frac{\sum_j (Y^{\text{мод}}(\mathbf{P}, \theta_j) - Y^{\text{эксп}}(\theta_j))^2}{\sum_j (Y^{\text{эксп}}(\theta_j))^2}} 100 \%. \quad (3)$$

Необходимое условие экстремума для (2) имеет вид

$$\sum_j^m (Y_j - Y(\mathbf{P}, \theta_j)) \frac{\partial Y(\mathbf{P}, \theta_j)}{\partial P_k} = 0, \quad (4)$$

$$k = 1, \dots, N,$$

где P_k – k -я координата вектора параметров $\mathbf{P}$.

Однако в силу нелинейности по параметрам $\mathbf{P}$ функций $Y(\mathbf{P}, \theta)$ система (4) аналитически не решается. Использование нелинейного метода наименьших квадратов, связанного с линейризацией системы (4) разложением в ряд Тейлора в исходной точке $\mathbf{P}_0$ с отбрасыванием членов порядка выше первого, позволяет получить систему линейных уравнений (СЛУ) от N неизвестных. Итерационно находя $\Delta P_1, \Delta P_2, \dots$, т. е. уточняя значения $\mathbf{P}$: $\mathbf{P}_1 = \mathbf{P}_0 + \Delta \mathbf{P}_1, \dots$, будем приближаться к искомому $\mathbf{P}^*$. Сходимость процесса решения системы определяется близостью точки $\mathbf{P}_0$ к оптимальной $\mathbf{P}^*$. С ухудшением начальных приближений $\mathbf{P}_0$ и ростом размерности задачи N итерационный метод становится неустойчивым и начинает расходиться. И чем больше N (или хуже качество экспе-

риментальных данных), тем более точное значение $\mathbf{P}_0$ требуется, что связано с определенными трудностями.

Генетический алгоритм структурного анализа. Эффективность эволюционных алгоритмов для сложных нелинейных задач глобальной оптимизации отмечена в [2]. Это привело к идее скомбинировать для решения изложенной выше задачи метод наименьших квадратов отыскания минимума функционала (2) и эволюционный алгоритм оптимизации целевой функции (3). Автором предложен двухуровневый эволюционный алгоритм, соединяющий в себе два различных генетических алгоритма (рис. 1).

Первый уровень данного алгоритма (см. рис. 1 слева) – это классический гибридный ГА [2; 3], работающий с двоичным представлением значений параметров. Его хромосомы кодируют значения вектора искомых параметров $\mathbf{P}$, где точность двоичного представления варьируется пользователем. В частности, фрагментами хромосомы кодируются округленные с заданной точностью координаты x, y, z атомов анализируемого вещества относительно осей его элементарной кристаллической ячейки. Минимизируемая целевая функция для $\mathbf{P}$ является R -фактором (3), стремящимся в идеале к нулю при сходимости в глобальный минимум. R -фактор определяется для каждого вектора параметров $\mathbf{P}$ по данной выборке $Y^{\text{эксп}}(Q)$ однозначно, и на практике, в зависимости от величины погрешностей модели и эксперимента, он должен составлять в точке оптимума величину около 5...10 %, (эта величина определена эмпирически).

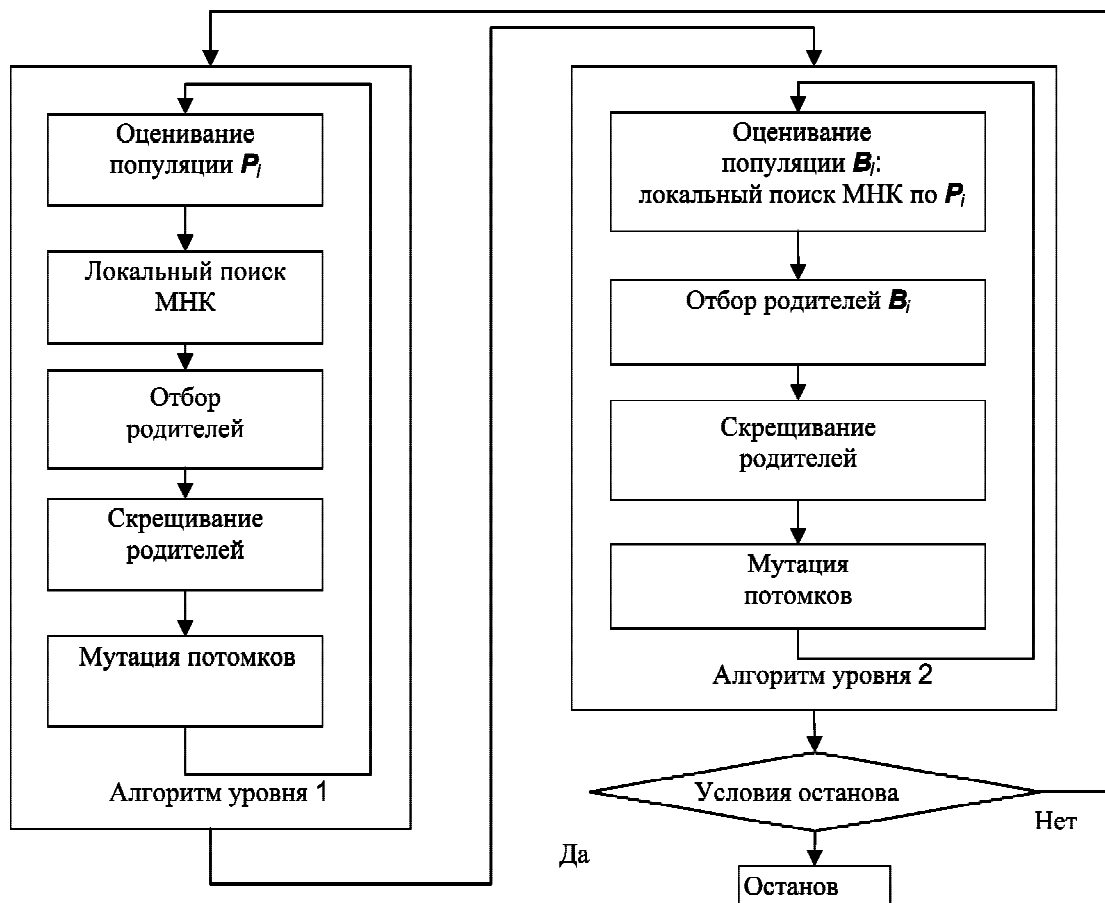


Рис. 1. Блок-схема алгоритма ГА

Начальная популяция генерируется произвольно, поэтому априорно заданные начальные приближения не требуются. Применяется турнирная селекция родителей с варьируемым размером турнира. Алгоритм, помимо стандартных генетических операторов скрещивания (одного-, двухточечного либо равномерного) и мутации, использует оператор локального поиска. Лучший индивид и несколько индивидов, выбранных случайным образом, подвергаются локальному спуску МНК по всем координатам (здесь используется модифицированный алгоритм Ньютона–Рафсона). Выбрана ламарковская концепция эволюции [2; 3], когда значения параметров, найденные локальным поиском, замещают исходные.

Основная задача этого уровня – найти удовлетворительные в смысле величины R -фактора начальные приближения параметров P_0 .

Эволюционный алгоритм *второго уровня* (см. рис. 1 справа) используется для поиска и выработки стратегии уточнения по МНК начальных приближений параметров P_0 , которая представляет собой последовательность локальных спусков на гиперповерхности R -фактора. В качестве индивидов на этом уровне используются битовые строки B_i , задающие группы уточняемых на данном поколении параметров. Длина битовой строки равна числу оптимизируемых параметров N , где каждый бит соответствует своему параметру. Значение бита на позиции k индивида второго уровня показывает, нужно ли уточнять ($= 1$) или не уточнять ($= 0$) параметр с номером k на этой итерации. Сами значения параметров P для каждой такой строки уточняются итерационно с помощью нелинейного МНК по приближению (4). К примеру, строка 101 означает, что уравнения (4) строятся только для $k = 1$ и $k = 3$ и после решения СЛУ 2×2 дают приращения параметров 1 и 3, а параметр с индексом 2 не пересчитывается, т. е. каждая строка B_i определяет подпространство поиска.

Индивиды ГА второго уровня первоначально могут генерироваться произвольно или в соответствии с некоторой эмпирической схемой по заданной пользователем последовательности шаблонов (масок, накладываемых на B_i). Для оценивания индивидов ГА каждому индивиду B_i поставлен в соответствие свой вектор P_i (один или несколько) из числа решений ГА первого уровня. Для пар (B_i, P_i) МНК выполняется по описанным выше правилам, результатом его работы будут P_i' – уточненные в соответствии со строкой B_i значения параметров P_i . Целевая функция второго уровня учитывает результативность МНК, при этом за меру качества (пригодность) индивида второго уровня берется величина

$$F = [R(P_i') / R(P_i) + p]^{-1}, \quad (5)$$

где p – штраф за отсутствие сходимости (при резком росте длин шагов локального спуска).

Таким образом, чем лучше была сходимость уточнения, тем выше оценивается пригодность данного индивида. B -индивиды скрещиваются и мутируются без внесения изменений в P -индивиды. Результатом такой эволюции становятся стратегии уточнения P -индивидов.

Задача второго уровня состоит в том, чтобы, используя лучшие решения с предыдущего уровня, произвести последовательность уточнений, т. е. локальный поиск по

координатам, заданным битовой строкой. При условии достаточно удовлетворительных начальных приближений P_0 уточненные значения параметров P будут сходиться к истинным значениям. Неудачные P_0 при большом числе уточняемых параметров не дадут сходимости алгоритма, и в этом случае последующее исполнение алгоритма первого уровня может найти лучшие исходные значения. Лучшие параметрические строки P возвращаются на первый уровень ГА для оценивания и включения в очередную популяцию $\{P_i\}$.

Предложенный выше алгоритм использует циклическое выполнение обоих уровней, пока не будут выполнены условия останова: исчерпан вычислительный ресурс; $R_{\min} < R_{\text{stop}}$; среднее $R_{\text{cp}} < R'_{\text{stop}}$. Один или несколько лучших найденных и несколько случайно выбранных индивидов передаются на другой уровень. Эволюция тестовых структур на первом уровне обеспечивает поиск значений, пригодных для минимизации эволюционной последовательностью локальных поисков на втором уровне. Кроме того, этот алгоритм позволяет преодолевать локальные минимумы, к которым может привести использование МНК на втором уровне. Таким образом, здесь сочетаются стохастические и детерминистские процедуры поиска, которые взаимно дополняют и усиливают друг друга.

Алгоритм реализован в виде оболочки над консольной программой DDM варианта метода Ритвельда [5]. Для оценки полученных результатов проведем его тестирование на одно- и многофазных образцах с заранее известной кристаллической структурой фаз-компонентов на двух примерах.

Пример 1. Определение кристаллической структуры фаз-компонентов и количественного фазового состава трехфазного образца CPD-1h, использованного комиссией Международного союза кристаллографов в конкурсе по количественному рентгенофазовому анализу Round Robin on QPA [6].

Одновременно с определением кристаллической структуры во всевозможных интервалах допустимых значений отыскивались профильные параметры, координаты атомов в общих кристаллографических позициях и тепловые параметры атомов (в сумме 29 параметров). Полученный график сходимости двухуровневого ГА (рис. 2), на котором обозначены наилучшие найденные к текущему поколению решения, показывает снижение R -фактора в процессе эволюции популяций параметрических и битовых строк. Отметим, что снижение R -фактора преимущественным образом обеспечивает второй уровень ГА, в то время как первый уровень достаточно эффективно выводит из локальных минимумов. Оптимальное решение было получено по завершении пятого полного цикла ГА. Эмпирически определено, что для уверенной сходимости метода на каждом полном цикле ГА достаточно генерировать всего по три поколения каждого уровня с размерами популяций 20 индивидов на первом уровне и 10 на втором уровне, что сравнимо с размерностью задачи. Это говорит об эффективном использовании вычислительного ресурса и существенном потенциале подхода: на решение задачи затрачено 4 мин 47 с (CPU AMD X2 4400+).

На заключительном этапе работы алгоритма производился расчет концентраций фаз в образце. Соответствие

истинного и найденного фазового состава, может служить интегральной оценкой качества полученного решения (табл. 1). В последней строке этой таблицы приведено среднеквадратическое стандартное отклонение (СКО) от истинного фазового состава.

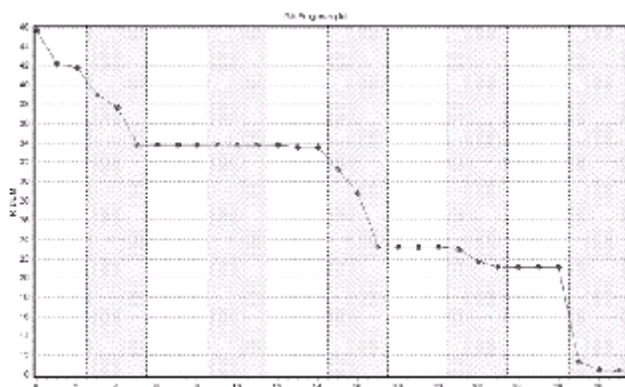


Рис. 2. График сходимости ГА для примера 1 (ось абсцисс – номер поколения, ось ординат – R -фактор; штриховкой отмечено выполнение второго уровня ГА)

Следует отметить, что СКО результатов анализа фазового состава в Round Robin on QPA для образцов CPD-1 составляет $\sim 3\%$ [6].

Пример 2. Определение кристаллической структуры однофазного образца соединения $\text{Pd}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_2$ [7].

Одновременно отыскивались координаты атомов в общих кристаллографических позициях (включая координаты атомов водорода) и тепловые параметры атомов (в сумме 26 параметров). Как и в предыдущем примере, на каждом полном цикле ГА генерировалось по три поколения каждого уровня. Размер популяций: 20 индивидов на первом уровне и 10 на втором уровне. Оптимальное решение было получено по завершении третьего полного цикла ГА. Сходимость и здесь в основном достигалась за счет второго уровня ГА (рис. 3). Затраченное время – 4 мин 21 с (CPU AMD X2 4400+).

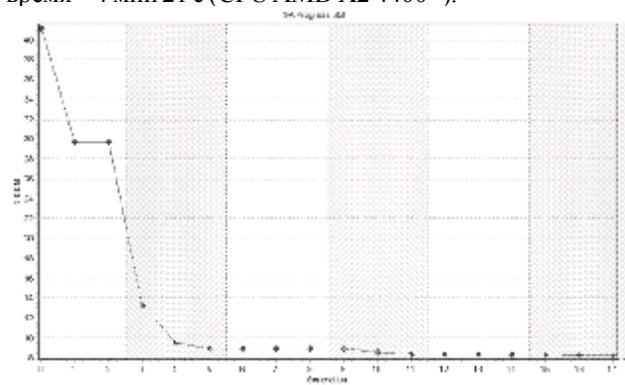


Рис. 3. График сходимости ГА для примера 2

На заключительном этапе работы алгоритма выявлялось соответствие экспериментальной и расчетной дифрактограмм образца (рис. 4), которое может служить интегральной оценкой качества полученного решения.

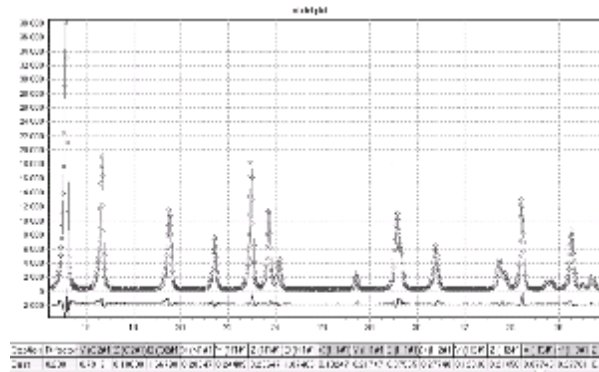


Рис. 4. Экспериментальный, модельный и разностный дифракционные профили для примера 2 (экспериментальные данные обозначены кружками; разностная кривая смещена вниз; модельный профиль построен по наилучшим найденным ГА значениям, приведенным в табл. 2)

Найденные координаты атомов относительно осей кристаллической ячейки и тепловые параметры приведены в табл. 2 и сопоставлены со значениями, определенными в [7] (отмечены звездочкой). Максимальная погрешность для координат более тяжелых атомов – 0,0015, для тепловых параметров – 0,012, для координат атомов водорода – 0,0170.

Точность полученного решения соответствует точности определения координат атома в эталонной структуре [7]. Следует отметить, что с помощью ГА определены координаты атомов водорода, который как самый легкий из атомов плохо поддается локализации существующими методами анализа поликристаллов.

Таким образом, описанный выше двухуровневый ГА совмещает поиск и уточнение кристаллических структур, что обеспечивает возможность автоматизации процесса поиска структурного решения. Важными особенностями алгоритма в этом плане также являются возможность одновременного подбора профильных и структурных параметров, а в случае многофазных образцов – и расчет фазового состава. По-видимому, ключевую роль здесь играет сочетание алгоритмов первого и второго уровней ГА. Представляется, что данный подход имеет существенный потенциал для дальнейшего развития.

Библиографический список

- David, W. I. F. Structure determination from powder diffraction data / W. I. F. David, K. Shankland // Acta Cryst. 2008. Vol. A64. P. 52–64.

Таблица 1

Состав образца CPD-1h

Фаза	Формула	Истинный состав, массовая доля, %	Вычисленный состав, массовая доля, %	Погрешность, массовая доля, %
Corundum	Al_2O_3	35,12	35,39	0,27
Fluorite	CaF_2	34,69	35,08	0,39
Zincite	ZnO	30,19	29,53	0,66
СКО				0,57

2. Michalewicz, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs / Z. Michalewicz. Berlin : Springer-Verlag, 1996.

3. Implementation of Lamarckian concepts in a Genetic Algorithm for structure solution from powder diffraction data / G. W. Turner, E. Tedesco, K. D. M. Harris et al // Chem. Phys. Lett. 2000. Vol. 321. P. 183–190.

4. Bish, D. L. Quantitative phase analysis using the Rietveld method / D. L. Bish, S. A. Howard // J. Appl. Cryst. 1988. Vol. 21. P. 86–91.

5. Solovyov, L. A. Full-profile refinement by derivative difference minimization / L. A. Solovyov // J. Appl. Cryst. 2004. Vol. 37. P. 743–749.

6. Outcomes of the International Union of Crystallography Commission on Powder Diffraction Round Robin on Quantitative Phase Analysis: samples 1a to 1h / I. C. Madsen, N. V. Y. Scarlett, L. M. D. Cranswick, T. Lwin // J. Appl. Cryst. 2001. Vol. 34. P. 409–426.

7. Crystal Structure of trans-[Pd(NH₃)₂(NO₂)₂]: X-ray Powder Diffraction Analysis / A. I. Blokhin, L. A. Solovyov, M. L. Blokhina, et al. // Rus. J. Coord. Chem. 1996. Vol. 22. P. 185–189.

Таблица 2

Эталонная и найденная в результате работы ГА кристаллическая структура соединения Pd(NH₃)₂(NO₂)₂

Атом	X^*	$X_{ГА}$	$ \Delta $	Y^*	$Y_{ГА}$	$ \Delta $	Z^*	$Z_{ГА}$	$ \Delta $	B^*	$B_{ГА}$	$ \Delta $
Pd	0,500 0	—	—	0,500 0	—	—	0,500 0	—	—	0,484	0,485	0,001
N	0,344 0	0,344 8	0,000 8	0,697 0	0,697 4	0,000 4	0,300 0	0,299 9	0,000 1	1,230	1,235	0,005
O1	0,120 0	0,120 5	0,000 5	0,727 0	0,726 9	0,000 1	0,284 0	0,283 5	0,000 5	3,252	3,262	0,010
O2	0,469 0	0,468 8	0,000 2	0,791 0	0,791 2	0,000 2	0,181 0	0,180 3	0,000 7	1,665	1,668	0,003
N1	0,209 0	0,208 5	0,000 5	0,245 0	0,244 9	0,000 1	0,268 0	0,266 5	0,001 5	1,086	1,074	0,012
H1	0,100 0	0,102 5	0,002 5	0,222 0	0,217 5	0,004 5	0,367 0	0,375 6	0,001 4	5,000	—	—
H2	0,285 0	0,277 4	0,007 6	0,126 0	0,123 4	0,002 6	0,219 0	0,214 5	0,004 5	5,000	—	—
H3	0,075 0	0,077 5	0,002 5	0,277 0	0,277 8	0,000 8	0,099 0	0,116 0	0,017 0	5,000	—	—

Примечания: 1. Параметры ячейки: $a = 5,425$ 1(1) Е, $b = 6,320$ 9(1) Е, $c = 5,003$ 1(1) Е, $\alpha = 111,87(0)^\circ$, $\beta = 100,4(0)^\circ$, $\gamma = 91,37(0)^\circ$.

2. Атом Pd занимает частную позицию в центре ячейки, тепловые параметры атомов Н были зафиксированы, так как они не вносят значимого вклада в расчеты.

Y. I. Yakimov

TWO-LEVEL GENETIC ALGORITHM FOR X-RAY POWDER DIFFRACTION STRUCTURE ANALYSIS

A new evolutionary approach for crystal structure determination of powders based on X-ray diffraction full-profile analysis and genetic algorithm of global optimization is suggested. An investigation of the given algorithm efficiency is carried out on test real-world problems of structure investigation.

Keywords: evolutionary algorithm, X-ray powder diffraction analysis, Rietveld method.

© Якимов Я. И., 2009

С. А. Веселков

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СНИМКОВ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Рассмотрены задачи фотографирования Земли из космоса с помощью оптической системы сверхвысокого разрешения. Приведены данные, полученные в результате детального расчета телескопа в специальной оптимизирующей программе.

Ключевые слова: спутник, разрешение, телескоп, спектральный диапазон, орбита.

Американская компания GeoEye объявила о начале разработки нового коммерческого спутника третьего поколения GeoEye-2, который будет снимать Землю с очень высокой детальностью. Находящиеся сегодня в эксплуатации коммерческие спутники первого поколения Ikonos, QuickBird и другие оснащены оптико-электронными системами с пространственным разрешением 0,6...1 м и точностью геопривязки изображений около 15...25 м без наземных контрольных точек. Спутники второго поколения WorldView-1, запущенный в сентябре 2007 г., и GeoEye-1, выведенный на орбиту 6 сентября 2008 г., имеют оптическую аппаратуру с пространственным разрешением около 0,5 м и точностью геопривязки 3...8 м (WorldView-1) и пространственным разрешением 0,41 м и точностью

геопривязки 2...3 м (GeoEye-1) без наземных контрольных точек.

Черно-белые снимки, полученные спутником GeoEye-1, имеют разрешение 41 см, цветные – 1,65 м (табл. 2) (в данный момент это максимально возможное разрешение среди всех коммерчески доступных спутников). Облетая Землю со скоростью примерно 7,5 км/с, спутник GeoEye-1 собирает данные с площади более 700 тыс. км² в день.

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученные со спутника GeoEye-1, нашли широкое применение в следующих областях:

– в создании и обновлении топографических и тематических карт и планов вплоть до масштаба 1 : 2 000;

Таблица 1

Основные технические характеристики спутника

Орбита	Солнечно-синхронная
Наклонение орбиты	98°
Высота орбиты	681 км
Время пересечения экватора	10:30
Скорость над земной поверхностью	7,5 км/с
Период обращения	98 мин
Расчетное время работы спутника	До 15 лет

Таблица 2

Основные характеристики снимков, полученных со спутника GeoEye-1

Разрешение	Надир: панхроматический – 0,41 м; многозональный – 1,65 м
Максимальное отклонение от надира	60°
Спектральный диапазон	Pan: 450...900 нм (панхроматическая) MS1: 450...520 нм (голубая) MS2: 520...600 нм (зеленая) MS3: 625...695 нм (красная) MS4: 760...900 нм (ближняя ИК)
Размер кадра	225 км ² (15 × 15 км)
Ширина полосы обзора	15,2 км в надир
Наибольшая полоса непрерывной съемки	15 000 км ² (300 × 15 км)
Съемка ячейки 1 × 1° с одного витка	10 000 км ²
Наибольшая площадь непрерывной стереосъемки	6 270 км ² (224 × 28 км)
Повторяемость съемки	8,3 дня (панхроматический режим, разрешение 0,42 м, отклонение от надира 10°); 2,8 дня (панхроматический режим, разрешение 0,50 м, отклонение от надира 28°); 2,1 дня (панхроматический режим, разрешение 0,59 м, отклонение от надира 35°)
Радиометрическое разрешение	11 бит
Точность геопозиционирования	CE90 mono = 5 м; CE90 stereo = 4 м; LE90 stereo = 6 м

- создании цифровых моделей рельефа с точностью 1...2 м по высоте;
- инвентаризации и контроле за строительством объектов инфраструктуры транспортировки и добычи нефти и газа;
- выполнении лесоустроительных работ, инвентаризации и оценки состояния лесов;
- инвентаризации сельскохозяйственных угодий, создании планов землепользования, точного земледелия;
- обновлении топографической подосновы для разработки проектов генеральных планов перспективного развития городов и схем территориального планирования муниципальных районов;
- области охраны окружающей среды;
- инвентаризации и мониторинге состояния транспортных, энергетических, информационных коммуникаций.

Наибольшим спросом в 2008 г. пользовались данные высокого и сверхвысокого пространственного разрешения американских спутников QuickBird, Ikonos, WorldView-1, а также спутников ДЗЗ Франции, Индии, Израиля и Канады.

Основным двигателем рынка спутников сверхвысокого разрешения является конкуренция компаний DigitalGlobe (спутники QuickBird, WorldView-1) и GeoEye (Ikonos, GeoEye-1). Новые многоспутниковые системы устраняют недостатки одиночных космических аппаратов, обеспечивая более высокую производительность съемки, глобальный контроль с минимальным временем реакции и высокой частотой просмотра любого региона Земли (рис. 1). В результате за 2008 г. спутник WorldView-1 отснял только по России около 20 % территории страны с разрешением 50 см, в то время как все остальные зарубежные спутники метрового разрешения вместе взятые – около 5 %.



Рис. 1. Снимок, полученный спутником GeoEye-1 в панхроматическом режиме

Следует отметить, что в печати представлены различные аспекты и технические характеристики этих спут-

ников, но ничего не говорится об их оптических системах.

Рассмотрим далее вопрос о том, какая оптическая система должна стоять на самом современном и совершенном спутнике GeoEye-1, для которого заявлено разрешение в 0,41 м с высоты орбиты 681 км на поле зрения шириной 15 км (рис. 2)



Рис. 2. Схема спутника GeoEye-1 с телескопом и его поле зрения

Хорошо рассчитанный объектив с малыми аберрациями может практически ничем не отличаться от идеального объектива. И все же он не способен построить изображение точки в виде точки же. Это происходит из-за такого физического явления, как дифракция света [1].

Согласно теории дифракции, радиус дифракционного кружка

$$R = 1,219 \, 7 \lambda f / D, \quad (1)$$

где λ – длина волны света; f – фокусное расстояние оптической системы; D – ее диаметр.

Угловая величина радиуса дифракционного кружка определяется по формуле (1) следующим образом:

$$\alpha = r / f = 1,219 \, 7 \lambda / D. \quad (2)$$

Если полученное значение угла α умножить на коэффициент 206 262, то ответ окажется выраженным в секундах дуги. Принимая $\lambda = 0,52$ мкм и учитывая, что отрезок в 0,41 м с расстояния в 681 км виден под углом 0,131 секунды дуги, вычислим диаметр телескопа, который способен разрешить такой угол:

$$D = 131 / \alpha. \quad (3)$$

Подставив значения, получим результат – ровно 1 м.

На поверхности Земли спутник GeoEye-1 обеспечивает поле зрения шириной 15 км, это немногим менее $1,5^\circ$. Таким образом нам нужна оптическая система диаметром 1 м с достаточно большим фокусным расстоянием, способная на поле зрения почти в $1,5^\circ$ обеспечить дифракционное качество изображения в диапазоне длин волн 0,45...0,9 мкм. Попробуем решить эту задачу с помощью расчета хода лучей в специальной программе.

За основу возьмем систему Ричи–Кретьена (рис. 3), которая была рассчитана автором совместно с Г. М. Поповым (Крымская астрофизическая обсерватория) в 1988 г., и с помощью оптимизирующей программы доведена до нужного качества. Конструктивные элементы системы приведены в табл. 3.

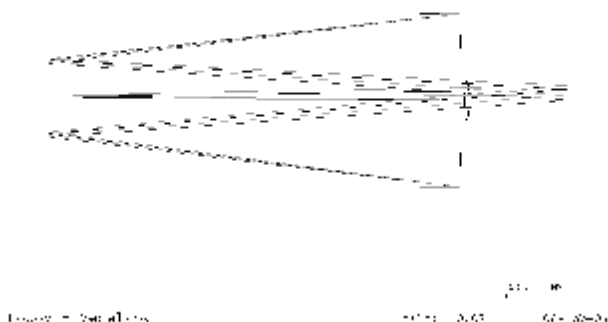


Рис. 3. Оптическая схема Ричи–Кретьена с предфокальным асферическим корректором в виде мениска

Зеркала телескопа можно изготовить из ситалла марки СО-115М – материала с практически нулевым коэффициентом температурного расширения, а мениск – из плавленного кварца. Диапазон длин волн, в котором проводился расчет, составляет 0,45...0,9 мкм, хотя система может работать в значительно более широком спектральном диапазоне.

Полезное поле (плоское) составляет $2\omega = 82$ угловые минуты. Все лучи удалось уложить в кружок размером 4,5 мкм, или 0,13 угловых секунды по всему полю (рис. 4, 5).

Полученные графики aberrаций показывают, что сферическая aberrация и астигматизм исправлены в значительной степени (рис. 6).

Рассчитанная нами оптическая система содержит три асферические поверхности (зеркала – гиперboloиды, вы-

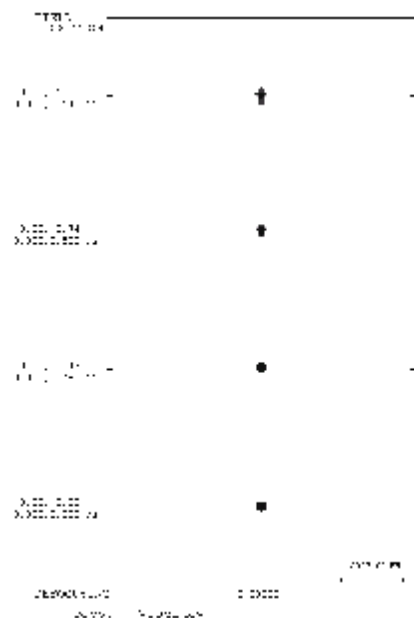


Рис. 4. Зависимость пятна рассеяния от угла поля зрения

WAVELENGTH	WEIGHT	POINTS TRACED	POINTS ATTEMPTED
900.0	1	56	70
520.0	1	56	70
450.0	1	56	70
Field 1, (0.00, 0.00) degrees. Focus 0.03000			
Displacement of centroid from chief ray			RMS spot diameter
X: 0.00000E+00	Y: 0.51629E-20	0.42858E-02 MM	
Field 2, (0.00, 0.25) degrees. Focus 0.03000			
Displacement of centroid from chief ray			RMS spot diameter
X: 0.00000E+00	Y: 0.71848E-03	0.40734E-02 MM	
Field 3, (0.00, 0.50) degrees. Focus 0.03000			
Displacement of centroid from chief ray			RMS spot diameter
X: 0.00000E+00	Y: 0.69814E-03	0.36286E-02 MM	
Field 4, (0.00, 0.68) degrees. Focus 0.03000			
Displacement of centroid from chief ray			RMS spot diameter
X: 0.00000E+00	Y: -0.19062E-03	0.44079E-02 MM	

Рис. 5. Зависимость пятна рассеяния от угла поля в числовом виде

Таблица 3

Конструктивные элементы системы Ричи–Кретьена с предфокальным асферическим мениском
($D = 1\,000$ мм, $A = 7,1$, $s' = 576,4$ мм)

r , мм	d , мм	e^2	r , мм	d , мм	e^2
– 8 326	– 2 384	1,679 7	671,3	18 (SiO ₂)	0,774 3
– 8 326	2 400	36,340 8	655,8		0,0

пуклая поверхность мениска – эллипсоид вращения). Все поверхности – конического сечения, удобные в изготовлении и контроле.

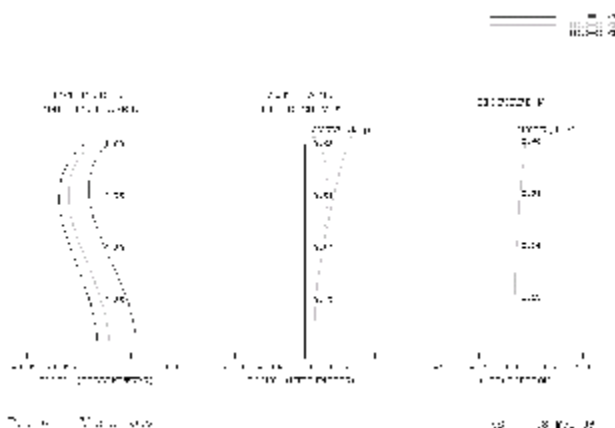


Рис. 6. Графики продольной сферической аберрации, астигматизма и дисторсии

В заключение отметим, что наибольшее распространение в мире (особенно США) получили системы Ричи–Кретьена с корректором Гаскойна, напоминающим линзу системы Шмидта [2], основным недостатком которого является хроматизм, вносимый корректором Гаскойна. На снимках, полученных спутником GeoEye-1 и опубликованных на различных интернет-ресурсах, также присутствует заметный хроматизм. Предложенная нами оптическая система имеет пренебрежимо малый хроматизм и плоское поле размером $1,4^\circ$. В качестве светоприемной аппаратуры можно использовать ПЗС линейки различной длины, при этом важно, чтобы размер пикселя соответствовал размеру кружка рассеяния, создаваемого оптической системой.

Библиографический список

1. Максудов, Д. Д. Астрономическая оптика / Д. Д. Максудов. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1979.
2. Попов, Г. М. Современная астрономическая оптика / Г. М. Попов. М. : Наука, 1988.

S. A. Veselkov

OPTICAL SYSTEM OF HIGH RESOLUTION FOR EARTH-IMAGING FROM SPACE

The space-photographic targets of the Earth with ultra-high resolution optical system are reviewed. The data received by detailed pre-calculation of the telescope in especial optimizing program are given.

Keywords: satellite, resolution, telescope, spectral range, orbit.

© Веселков С. А., 2009

УДК 681.5

М. В. Карасева, М. А. Селиванова, П. В. Зеленков, Е. Е. Шукшина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЗАУРУСОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МУЛЬТИЛИНГВИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Предложена модификация существующих моделей распределенных информационных систем, основанных на тезаурусах. Модификация направлена на решение проблемы мультилингвистичности представления информации в современных системах. Показаны две модели: первая основана на мультилингвистическом тезаурусе, вторая – на частотном мультилингвистическом тезаурусе.

Ключевые слова: мультилингвистическая модель, тезаурус, частотный словарь.

В настоящее время разработано множество моделей для представления распределенных систем вычисления и (или) обработки информации. К ним, в частности, относятся информационные системы, корпоративные информационные системы и интенсивно развивающиеся системы поддержки принятия решения [1]. Однако большинство моделей распределенных систем строятся на основе одноязычного представления информации или учитывают многоязычие неявно [2].

Одним из перспективных направлений при разработке новых моделей является применение словарей, или тезаурусов. При этом необходимо отметить, что в современных системах подобные словари очень редко встречаются представленными в мультилингвистической реализации.

Авторский подход, отраженный в работах [2; 3], направлен в первую очередь на решение проблемы мультилингвистического представления информации в инфор-

мационно-управляющих системах, поскольку в современных условиях даже небольшие корпоративные информационные системы, как правило, работают в мультилингвистическом режиме.

Рассмотрим следующее определение мультилингвистического тезауруса T слов T_j , сформированное на базе положений, представленных в работе [4], где I – языковое множество, а j – терм в языковом множестве, отвечающие следующим условиям:

1) имеется непустое подмножество $T_0 \subset T$, называемое *множеством дескрипторов*;

2) имеется симметричное, транзитивное рефлексивное отношение $R \subset T \times T$, такое что

$$t_{i1} \neq t_{i2} \wedge t_{i1} R t_{i2} \Rightarrow (t_{i1} \in T_0) \vee (t_{i2} \in T_0),$$

$$t_{i1} \in T_0 \Rightarrow (\exists t_i \in T_0) (t_i R t_{i1}).$$

При этом отношение R называется *синонимическим отношением*, а слова t_{i1}, t_{i2} , отвечающие этому отношению, – *синонимическими дескрипторами*;

3) имеется транзитивное и несимметричное отношение $K \subset T_0 \times T_0$, называемое *обобщающим отношением*.

В случае если два дескриптора t_{i1}, t_{i2} удовлетворяют отношению $t_{i1} K t_{i2}$, то полагается, что дескриптор t_{i1} более общий, чем дескриптор t_{i2} .

Элементы множества $T \setminus T_0$ называются *множеством аскрипторов*.

Таким образом, информационную систему с применением тезауруса можно представить в виде четверки (T, D, M, δ) , где T – мультилингвистический тезаурус с дескрипторным множеством T_0 ; D_i – коллекция разноязычных документов; M_i – множество разноязычных вопросов; $\delta: \rightarrow 2^D$ – отображение, сопоставляющее каждому независимому от языковой принадлежности вопросу множество разноязычных документов.

Пусть описание любого документа $d_i \in D_i$ может быть представлено в виде

$$t(d_i) = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ik}\}$$

и удовлетворяет условию: никакие два дескриптора не встречаются в одном $t_i(d_i)$, если они удовлетворяют отношению K .

Можно также считать, что каждый вопрос $m_i \in M_i$ представляется в форме, аналогичной описанию разноязычных документов.

Множество описаний вопросов и документов частично упорядочено отношением включения ($\leq$) следующим образом:

$$\forall d_{i1}, d_{i2} \in D_i,$$

$$t_i(d_{i1}) < t_i(d_{i2}) \Leftrightarrow (\forall t'_i \in t_i(d_{i1})) \times \\ \times (\exists t''_i \in t_i(d_{i2})) (t'_i K t''_i) \vee (t'_i - t''_i).$$

т. е. каждый дескриптор из $t_i(d_{i1})$ представляет собой обобщение дескриптора из $t_i(d_{i2})$ или идентичен дескриптору из $t_i(d_{i2})$.

Отношение $\leq$ позволяет сформулировать ответ Q на вопрос $m_i \in M_i$ в виде

$$Q = \delta(m_i) = \{d_i : d_i \in D_i \wedge m_i \leq t_i(d_i)\}.$$

Пусть $S_1, \dots, S_n$ – локальные информационные системы, где $S_j = (T_j, D_j, M_j, \delta_j), j = 1, \dots, n$. Объединим системы

$S_1, \dots, S_n$ в одну систему S , которую в дальнейшем будем называть *распределенной информационной системой*, базирующейся на глобальном тезаурусе $T = \bigcup_j T_j$.

Итак, пусть у нас имеется распределенная информационная система $S = (T, D, M, \delta)$ с синонимическим отношением R и обобщающим отношением K . Тогда последовательность информационных систем можно определить следующим образом:

$$S_j = (T_j, D_j, M_j, \delta_j),$$

где $T_j \in T, D_j \in D, M_j \in M; \delta_j$ – сужение δ на $M_j; \forall j = 1, n$. Кроме того, отношения $R_j = R \cap (T_j \times T_j)$ и $K_j = K \cap (T_{0j} \times T_{0j})$, где T_{0j} – множество дескрипторов системы S_j .

Необходимо отметить, что множества T_j и D_j могут пересекаться.

Также покажем возможность существования подсистемы, которая позволяет формализовать отношение предпочтения одной системы перед другой.

Пусть $S_1 = (T_1, D_{i1}, M_{i1}, \delta_1)$ и $S_2 = (T_2, D_{i2}, M_{i2}, \delta_2)$ – информационные системы. Система S_1 является подсистемой S_2 ($S_1 \subset S_2$), если:

- 1) $(T_1 \subset T_2) \wedge (K_1 = K_2 \cap (T_{01} \times T_{01})) \wedge (R_1 = R_2 \cap (T_1 \times T_1));$
- 2) $D_{i1} \subset D_{i2};$
- 3) $(M_{i1} \subset M_{i2}) \wedge \leq_1 \leq_2 (M_{i1} \times M_{i1});$
- 4) $\delta_1(m_i) = \delta_2(m_i) \cap D_{i1}, m_i \in M_{i1}.$

Очевидно, что локальные информационные системы являются подсистемами распределенной информационной системы.

Ввиду того что множество разноязычных документов, например, в распределенной системе поддержки принятия решения является объединением множеств разноязычных документов локальных информационных систем, ответ на вопрос к распределенной системе можно выразить как результат некоторых операций над ответами от локальных систем.

Пусть $\overline{m_i} = \{m_i\}$ – вопрос, содержащий один дескриптор, а $\delta(m_i)$ – ответ на вопрос $\overline{m_i}$. В подсистеме S_j ответ на локальный вопрос $\overline{m_i} = \{m_i\}$ согласовывается следующим образом:

$$\delta_j(\overline{m_i}) = \{d_i : d_i \in D_j \wedge m_i \leq_j t_i(d_i)\}.$$

В свою очередь в распределенной системе S глобальный ответ на вопрос $\overline{m_i} = \{m_i\}$ будет объединением локальных ответов $\delta(m_i) = \bigcup_j \delta_j(m_i)$.

Ответ на произвольный вопрос $\overline{m_i} = \{m_{i1}, \dots, m_{ik}\}$ для любого языкового множества i в распределенной системе выражается формулой

$$\delta(\overline{m_i}) = \bigcap_{l=1}^k \delta(\overline{m_{il}}), \quad \overline{m_{il}} = \{m_{il}\}.$$

В [4] показана справедливость этой формулы и ее согласованность с определением последовательности информационных систем в рамках произвольного языкового множества i , однако необходимо отметить, что данная формула может быть модифицирована и для случая, когда имеется произвольное количество языковых множеств.

Итак, распределенная информационная система обладает свойством включения, если множество вопросов частично упорядочено отношением и выполняется условие

$$\{\bar{m}_{i1}, \bar{m}_{i2}\} \subset M_i \wedge \bar{m}_{i1} \leq \bar{m}_{i2} \Rightarrow \delta(\bar{m}_{i1}) \supset \delta(\bar{m}_{i2}).$$

Свойство включения позволяет формулировать цепь ответов на цепь вопросов, уточняя ответы более специализированными вопросами.

При реализации систем поддержки принятия решений находит место и более интересная модель распределенной системы, основанная на частотных мультилингвистических тезаурусах.

Для работы с обобщенной распределенной мультилингвистической информационной системой, а также для работы с мультилингвистическими системами поддержки принятия решений, вводятся веса, которые будут описывать информационное содержание термина в каждом языковом множестве [4].

Покажем работу предлагаемой модели для произвольного языка j (количество языков в обработке зависит от имеющегося мультилингвистического словаря и представленного в нем языкового многообразия) [5]. Вес w_{ij} соответствует объему информации, относящейся к дискриптору t_{ij} , т. е. $t_j(d_j) = \{ \langle t_{1j}, w_{1j} \rangle, \langle t_{2j}, w_{2j} \rangle, \dots, \langle t_{kj}, w_{kj} \rangle \}$ и выполняются условия:

- 1) $t_{ji} \neq t_{qj} \wedge t_{ij} K t_{qj} \Rightarrow (\forall w_{ij} \in [0,1])(t_{ij}, w_{ij}) \in t_j(d_j) \vee (\forall w_{qj} \in [0,1])(t_{qj}, w_{qj}) \in t_j(d_j)$;
- 2) $\sum_{i=1}^k w_{ij} = 1$.

Описание мультилингвистических документов также удовлетворяет свойству включения. Дадим определение подобия вопросов и описаний документов.

Пусть $t_j(d_{1j}), t_j(d_{2j})$ – описания мультилингвистических документов, представленных в j -м языковом множестве:

$$\begin{aligned} t_j(d_{1j}) &= \{ \langle t_{11j}, w_{11j} \rangle, \\ &\langle t_{12j}, w_{12j} \rangle, \dots, \langle t_{1k_1j}, w_{1k_1j} \rangle \}, \\ t_j(d_{2j}) &= \{ \langle t_{21j}, w_{21j} \rangle, \dots, \langle t_{2k_2j}, w_{2k_2j} \rangle \}. \end{aligned}$$

Описание $t_j(d_{1j})$ подобно описанию $t_j(d_{2j})$ с точностью ρ ($0 \leq \rho \leq 1$), если

$$t_j(d_{1j}) \leq t_j(d_{2j}) \wedge \forall w_{1ij} \rho \leq \sum_{\substack{\langle t_{1ij}, w_{1ij} \rangle \in t_j(d_{1j}) \\ q: \{t_{2qj} \in I_j(t_{1qj})\}}} w_{2qj},$$

где $I_j(t_{1ij}) = \{ t_{2qj} : t_{1ij} K t_{2qj} \wedge 1 \leq q \leq k_2 \}$ при $1 \leq i \leq k_1$. Если $t_j(d_{1j})$ и $t_j(d_{2j})$ удовлетворяют этому условию, то пишется $t_j(d_{1j}) \triangleleft_c t_j(d_{2j})$.

Отношения подобия, доказательство которых очевидно, также можно представить в мультилингвистическом виде:

- если $(t_j(d_{1j}) \triangleleft_{\rho_1} t_j(d_{2j})) \wedge (\rho_1 \geq \rho_2)$, то $t_j(d_{1j}) \triangleleft_{\rho_2} t_j(d_{2j})$;
- если $(t_j(d_{1j}) \triangleleft_{\rho_1} t_j(d_{2j})) \wedge (t_j(d_{2j}) \triangleleft_{\rho_2} t_j(d_{3j}))$, то $t_j(d_{1j}) \triangleleft_{\rho} t_j(d_{3j})$, ($\rho \leq \rho_1 \rho_2$).

Представляет интерес величина, характеризующая коэффициент подобия, или меру корреляции пар мультилингвистических векторов, удовлетворяющих отношению $\leq$.

Для векторов $t_j(d_{1j}), t_j(d_{2j})$, таких что $t_j(d_{1j}) \leq t_j(d_{2j})$, мера корреляции будет

$$\begin{aligned} \mu(t_j(d_{1j}), t_j(d_{2j})) &= \\ &= \sum_{i: \{t_{1ij}, w_{1ij}\} \in t_j(d_{1j})} \min(w_{1ij}, \sum_{q: \{t_{2qj} \in I_j(t_{1qj})\}} w_{2qj}). \end{aligned}$$

где $I(t_{1ij}) = \{ t_{2sj} : t_{1ij} K t_{2sj} \wedge 1 \leq s \leq k_2 \}$ при $1 \leq i \leq k_1$.

Мера μ фактически оценивает пересекающуюся информацию, заключенную в описании документов $t_j(d_{1j}), t_j(d_{2j})$.

Таким образом, распределенная мультилингвистическая информационная система на тезаурусе с весами представляется четверкой (T, D_j, M_j, δ) , где T – тезаурус с дискриптовым множеством $T_0 \subset T$; $\delta: M_j \times [0,1] \rightarrow 2^{D_j \times [0,1]}$, сопоставляющей каждой паре (вопрос, точность подобия) множество пар (документ, мера корреляции).

Ответом системы на вопрос m_j с требуемой точностью $\rho = c$ называется множество

$$\begin{aligned} Q &= \delta(\bar{m}_j, c) = \\ &= \left\{ (d_j, \alpha) : d_j \in D_j \wedge \bar{m}_j \triangleleft_c t_j(d_j) \wedge \alpha = \right. \\ &\quad \left. = \mu(\bar{m}_j, t_j(d_j)) \right\} \subseteq \\ &\subseteq D_j \times [0,1]. \end{aligned}$$

В определении ответа $N = \delta(\bar{m}_j, c)$ отношение подобия $\triangleleft_c$ осуществляет выбор мультилингвистических документов, точность подобия которых не менее c . Мера корреляции $\mu(\bar{m}_j, t_j(d_j))$ показывает, какая часть информации в документе соответствует ответу на вопрос.

В заключение рассмотрим одно из фундаментальных свойств ответа, связанное с точностью ρ и мерой корреляции μ вопроса к описанию мультилингвистических документов, включенных в ответ. Покажем его следующим образом: если документ $d_j \in D_j$ с мерой корреляции α включен в ответ, т. е. $(d_j, \alpha) \in \delta(\bar{m}_j, c)$, то верно неравенство $\alpha \geq c$. Обратное утверждение неверно. Также необходимо отметить, что если $\rho_1 \geq \rho_2$, то $\delta(\bar{m}_j, \rho_1) \subset \delta(\bar{m}_j, \rho_2)$.

Таким образом, по сравнению с исходными моделями распределенных информационных систем [6; 7] представленные мультилингвистические модели позволяют составлять мультилингвистические ответы даже на одноязычные запросы более гибко и с учетом неопределенности описания как мультилингвистических документов, так и самих запросов [8].

Библиографический список

1. Мультилингвистическая технология поиска данных для подготовки и принятия решения в информационно-управляющих системах / П. В. Зеленков, П. М. Лохмаков, И. В. Ковалев, С.С. Огнерубов // Прогр. продукты и системы. 2007. № 2. С. 32–33.
2. Карасева, М. В. Метапоисковая мультилингвистическая система / М. В. Карасева, П. В. Зеленков, И. Н. Карцан // Вестник СибГАУ. 2007. Вып. 3 (16). С. 130–131.
3. Зеленков, П. В. Современные поисковые системы в сети Интернет: анализ принципов работы и классификация / П. В. Зеленков, И. Н. Карцан, И. Н. Кожевников // Вестник НИИ СУВПТ : сб. науч. тр. / НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Вып. 23. Красноярск, 2006. С. 221–227.
4. Дмитриев, А. К. Основы теории построения и контроля сложных систем / А. К. Дмитриев, П. А. Мальцев. Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988.
5. Оптимизация обработки данных в распределенных образовательных средах / И. В. Ковалев, П. В. Зеленков,

С. А. Яркова, С. Ф. Шевчук // Прогр. продукты и системы. 2007. № 3. С. 70–71.

6. Зеленков, П. В. Инструментарий поисковых систем сети Интернет / П. В. Зеленков, И. Н. Карцан, П. М. Лохмаков // Вестник НИИ СУВПТ : сб. науч. тр. / НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Вып. 23. Красноярск, 2006. С. 103–118.

7. Метапоисковая мультилингвистическая система поиска узкоспециализированной информации / П. В. Зеленков, М. В. Карасева, И. Н. Карцан и др. М., 2007. Зарег. во Всерос. науч.-техн. центре, № 50200701673, рег. № ОФАП 8891.

8. Мультилингвистическая модель распределенной системы на основе тезауруса / С. В. Рогов, П. Н. Зеленков, И. В. Ковалев, М. В. Карасева // Вестник СибГАУ. 2008. № 1 (18). С. 26–28.

M. V. Karaseva, M. A. Selivanova, P. V. Zelenkov, E. E. Shukshina

THE USE OF THESAURUSES FOR BUILDING MULTILINGUAL MODELS OF THE DISTRIBUTED INFORMATIONAL SYSTEMS

The paper offers the modification of the existed models of the distributed informational systems based on thesauruses. The modification is aimed at problems of multilingual informational presentation in modern systems solutions. Two models are shown: the first one is based on multilingual thesauruses, the second one is based on frequency multilingual thesauruses.

Keywords: multilingual model, frequency dictionary, thesaurus.

© Карасева М. В., Селиванова М. А., Зеленков П. В., Шукина Е. Е., 2009

УДК 004.42

Е. М. Товбис

OLAP-ТЕХНОЛОГИЯ КАК СРЕДСТВО МОНИТОРИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Без тщательного мониторинга образовательного процесса в высшем учебном заведении невозможно всесторонне оценить достижения студента. В целях мониторинга предложено использовать технологию многомерного анализа данных OLAP. Рассмотрен пример внедрения OLAP-технологии в учебный процесс на уровне дисциплины.

Ключевые слова: мониторинг, OLAP, учебный процесс.

Мониторинг является средством оценки качества образования и повышения эффективности учебного процесса. Обобщая различные определения, под педагогическим мониторингом в данной статье будем понимать отслеживание результатов обучения путем организации системы контроля, сбора и обработки данных об учебном процессе, необходимых для анализа и прогноза ситуации. Введение мониторинга в учебный процесс позволяет получать актуальную информацию о его протекании, своевременно принимать меры в случае отклонений от планируемой траектории и предпринимать шаги по сохранению численности студентов.

Анализ публикаций [1–3] позволил выделить несколько основных способов мониторингового исследования образовательного процесса:

- опросные способы (экспертное оценивание, анкетирование с помощью специально подобранных вопросов);
- анализ результатов учебной деятельности, в том числе и статистический анализ;

– способы, основанные на тестировании.

Чем качественнее проводится мониторинг, тем большее количество данных накапливается в результате, а значит, тем труднее обходиться без автоматизированной системы. Компьютерный мониторинг позволяет значительно сократить время на обработку и анализ результатов наблюдений за учебной деятельностью. При этом удастся избавиться от так называемых невыборочных ошибок, возникающих при традиционных методах получения информации вследствие неполучения ответа, получения ложного ответа или неверной регистрации ответов респондента. При условии корректного построения системы мониторинга и ее интеграции в учебный процесс удастся избежать одной из основных проблем измерения – воздействия способа измерения на испытуемого.

Однако далеко не все автоматизированные решения способны полностью интегрироваться в сложившийся технологический процесс обучения. Их недостатком является и то, что большинство систем мониторинга и под-

держки учебного процесса предлагают жестко ограниченный набор отчетов, а при необходимости получить новую аналитическую информацию приходится привлекать разработчиков.

Средством получения универсальных отчетов может стать технология оперативной обработки данных на основе многомерной модели OLAP (On-Line Analytical Processing). В настоящее время OLAP с успехом используется для анализа данных в сфере бизнеса и финансов. В [4] предложена идея использования оперативного анализа данных в web-обучении. Обобщая сказанное, можно отметить, что в педагогической сфере многомерный анализ применяется еще довольно редко. Однако характер педагогических данных, обладающих нетривиальными зависимостями и сравнительно большими объемами, наталкивает на мысль о возможности более широкого использования мощного аналитического инструментария OLAP на массивах педагогических данных. Целью данного исследования стала проверка гипотезы целесообразности использования OLAP в задаче мониторинга и анализа учебного процесса.

Методология OLAP. По мнению Э. Кодда [5], реляционная модель не позволяет объединять, просматривать и анализировать данные с точки зрения множественности измерений, т. е. самым понятным для анализа способом. Наиболее адекватно работа с многопараметровыми данными описывается многомерной моделью.

Данные в OLAP-системах организованы в виде гиперкуба с помощью агрегатных функций, за счет чего становится возможным в короткие сроки извлекать информацию из больших объемов данных. Основное предназначение таких систем состоит в комплексном анализе динамики и установлении тенденций в данных. В отношении педагогического мониторинга гиперкуб дает преподавателю возможность делать срезы в различных измерениях для получения интересующей его информации, например для выявления наиболее трудных для понимания тем дисциплины, критических точек учебного периода, недостатков в динамике проверки.

OLAP-анализ на примере дисциплины «Программирование на языке высокого уровня». В Сибирском государственном технологическом университете был проведен эксперимент по реализации и внедрению в учебный процесс системы мониторинга «Электронная лаборатория» [6], которая позволяет проводить обучение, осуществлять контроль за деятельностью студентов и накапливать данные об обучении для последующего анализа. На основе сведений, полученных системой для дисциплины «Программирование на языке высокого уровня», с помощью средства IBExpert построен гиперкуб и сгенерированы отчеты, представленные на рис. 1–7. Каждый отчет отражает тот или иной срез гиперкуба.

Срез по измерениям «Тема / оценка» показывает соотношение зачтенных и отправленных на доработку заданий по каждой теме в процентах от требуемого количества (рис. 1). Темы на шкале расположены в хронологическом порядке.

Следует отметить, что процент выполнения заданий падает от первой темы к последней. Причиной этого может служить внедрение в учебный процесс модульно-рейтинговой системы, которая допускает выставление студенту набранной им в течение семестра накопительной оценки без сдачи всех заданий. Спады по темам «Целые числа» и «Численные методы» объясняются, вероятно, относительной сложностью этих тем для понимания.

Следует отметить, что процент выполнения заданий падает от первой темы к последней. Причиной этого может служить внедрение в учебный процесс модульно-рейтинговой системы, которая допускает выставление студенту набранной им в течение семестра накопительной оценки без сдачи всех заданий. Спады по темам «Целые числа» и «Численные методы» объясняются, вероятно, относительной сложностью этих тем для понимания.

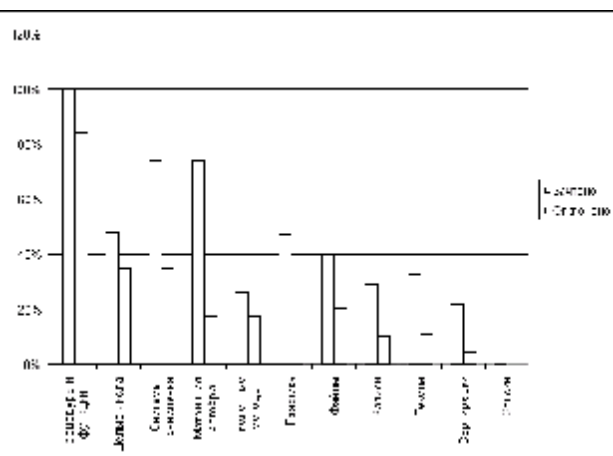


Рис. 1. Соотношение принятых и возвращенных с замечаниями заданий, % от требуемого количества, сгруппированных по темам

С помощью системы мониторинга «Электронная лаборатория» можно также показать распределение замечаний по темам (рис. 2). Каждая доля полученной диаграммы представляет собой отношение количества откло-

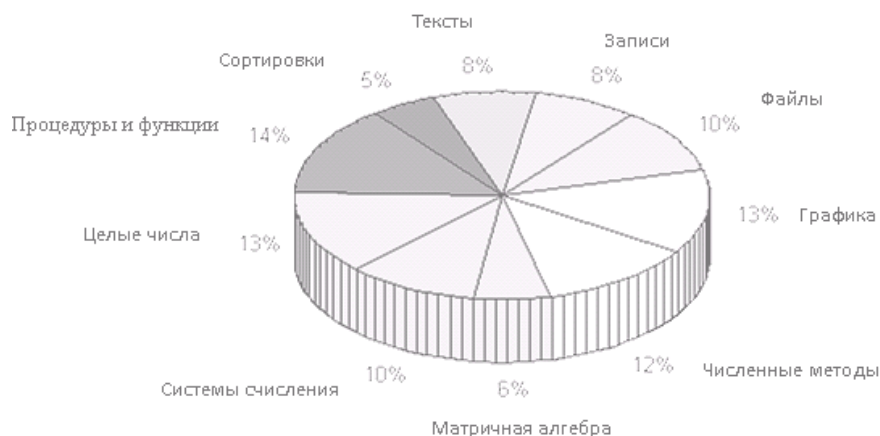


Рис. 2. Распределение отклоненных отчетов по темам

ненных задач к общему количеству сданных задач по данной теме. Изменение интенсивности отклонения отчетов имеет волнообразный характер с пиками в темах «Процедуры и функции», «Целые числа», «Численные методы» и «Графика». Таким образом, данный срез позволяет оценить относительную трудность для обучаемых каждой из тем курса.

Срез по измерениям «Оценка / дата проверки» дает возможность наблюдать динамику работы преподавателя. Интенсивность проверки взята из расчета количества проверенных заданий в день (рис. 3). Интенсивность отклонения отчетов рассчитана как отношение количества отклоненных к количеству проверенных заданий в день (рис. 4).

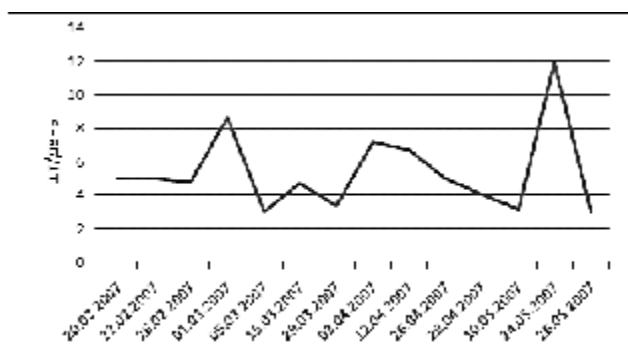


Рис. 3. Зависимость интенсивности проверки от даты проверки

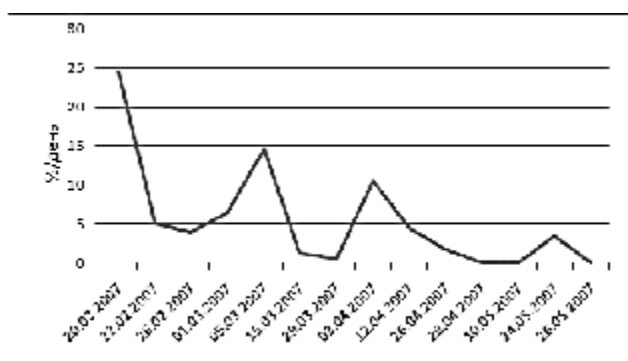


Рис. 4. Зависимость интенсивности отклонения отчетов от даты проверки

На первой диаграмме (см. рис. 3) заметны пики, соответствующие датам 1.03, 3.04 и 24.05. Эти даты предшествуют контрольным неделям и сессии и традиционно характеризуются повышенной активностью студентов, в связи с чем увеличиваются и трудозатраты преподавателя. В отношении интенсивности отклонения заданий можно отметить ее волнообразный характер (см. рис. 4). Характерна следующая тенденция: к концу семестра принимается все большая доля предоставленных на проверку заданий.

Срез по измерениям «Фамилия / дата сдачи» (рис. 5) представляет собой набор индивидуальных траекторий студентов группы. Диаграмма дает возможность проследить динамику сдачи каждого студента. На ней четко видны характерные всплески активности в конце семестра.

Срез по измерениям «Дата сдачи / контрольный срок сдачи» (рис. 6) позволяет сделать выводы о том, какие студенты какие задачи сдают раньше или позже срока.

Срез по измерениям «Фактическая дата сдачи / дата проверки» (рис. 7) информирует о динамике проверки задач преподавателем. Идеальный вариант представляет собой прямую, расположенную на главной диагонали. На диаграмме заметны два существенных отклонения от этой линии вниз, что говорит о некотором запаздывании преподавателя в проверке отчетов.

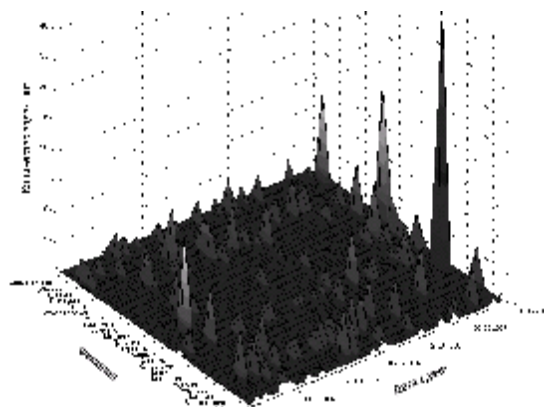


Рис. 5. Динамика сдачи по фамилиям студентов

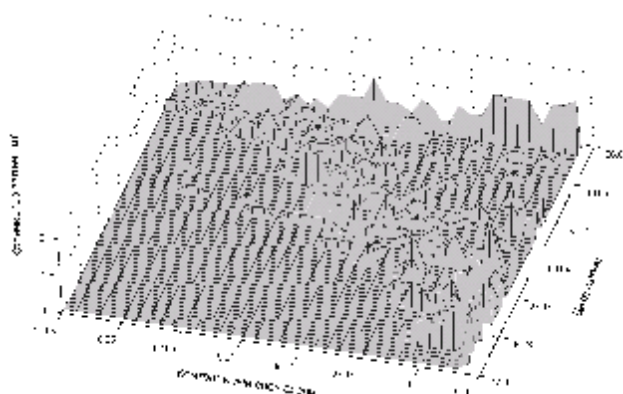


Рис. 6. Динамика сдачи по контрольным срокам: под главной диагональю — сдачи ранее контрольного срока, на диагонали — в срок, над диагональю — после срока

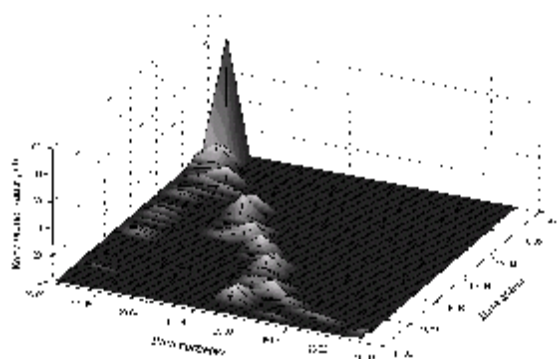


Рис. 7. Динамика проверки задач

Одним из существенных недостатков такого традиционного способа педагогического мониторинга в вузах, как контрольные недели, является вносимое ими возмущающее воздействие на измеряемый результат. Автома-

тизированная система мониторинга позволяет нейтрализовать это воздействие. На массиве данных, накапливаемой системой, становится целесообразным проведение OLAP-анализа, дающего наглядную оперативную информацию в рамках педагогического мониторинга как в процессе очного обучения, так и при обучении дистанционными методами.

Библиографический список

1. Поташиник, М. М. Управление качеством образования / М. М. Поташиник. М. : Пед. о-во России, 2006.
2. Бондарева, О. В. Мониторинг качества обучения студентов как средство управления образованием / О. В. Бондарева // Вопросы интернет-образования [Электронный ресурс]. Электрон. журн. 2008. Вып. 56. Режим

доступа: http://vio.fio.ru/vio_56/cd_site/Articles/art_1_6.htm. Загл. с экрана.

3. Матрос, Д. Ш. Управление качеством образования на основе новых информационных технологий и образовательного мониторинга / Д. Ш. Матрос, Д. М. Полев, Н. Н. Мельникова. М. : Пед. о-во России, 2001.
4. Пантелеев, Е. Р. Оперативный анализ действий студента в среде web-обучения / Е. Р. Пантелеев, В. А. Суворов // Информ. технологии. 2008. № 4. С. 67–72.
5. Федоров, А. Введение в OLAP-технологии Microsoft / А. Федоров, Н. Елманова. М. : Диалог-МИФИ, 2002.
6. Товбис, Е. М. «Электронная лаборатория» – система поддержки учебного процесса / Е. М. Товбис, И. Я. Дорошенко // Проблемы информатизации региона : материалы десятой Всерос. науч.-практ. конф. / Сиб. федер. ун-т. Красноярск, 2007. Т. 2. С. 157–163.

Е. М. Tovbis

OLAP TECHNOLOGY IN EDUCATIONAL PROCESS MONITORING

The detailed estimation of student's progress is impossible without educational process monitoring at University. The technology of multidimensional data analysis in OLAP is offered to be used. The paper considers the example of using OLAP technology in educational process in disciplines limitation.

Keywords: monitoring, OLAP, educational process.

© Товбис Е. М., 2009

УДК 004.588

М. V. Karaseva

INFORMATION TRAINING TECHNOLOGY: LEARNER'S MEMORY STATE MODEL

This paper mainly studies the foreign language training problem concerned with the application of the learner's memory state model in the informational-training technology. One of the approaches to intellectual technologies synthesis in training, developing new methods of training, proposed by professor L. A. Rastrigin was used. An exponential dependency of ignorance probability of a lexical unit upon the forgetting rate and time was taken as a trainer model.

Keywords: IT-technology, learner's memory state model, training process, information portion, training algorithm.

The training process is one of the oldest ones in the world. Everybody played the role of learner and teacher, and everyone knows that it is rather difficult in both cases. For the problem of training foreign language we consider it is of greater importance. In contrast to other fields the process of training foreign language is based on the properties of human memory which is different amongst people.

The information computer systems are the main tool of modern training technique. This choice is absolutely clear: as a matter of fact the training process is a transfer of information, and information searching systems should do it. But it is one of possible approaches to training as information process. There exist fields where it is very effective, but this approach should not be considered

absolutely right, because it does not try to individualize the training process.

In recent years another approach is developed when training can be considered as control [1]. The relations between teacher and learner can be interpreted as relations between the control object and the control device. This approach allows to use the methods of control theory. For effective training it is necessary to have a trainer model. Surely it is an approximated model and we should adapt its parameters and structure to provide its adequacy to real object.

This approach is rather advanced for the problem of training foreign language because the trainer capability to master lexical units is connected with his (her) memory [2].

We modified the approach of professor L. A. Rastrigin in order to solve this problem in a multilingual sense. We will take a result of psychological memory research as a trainer model, namely exponential dependency of ignorance probability of a lexical unit upon forgetting rate and time. Further we are going to consider it in detail.

Training as control. The standard training problem usually consists in that a learner should memorize determined information portions, and this problem can be formulated as the control problem.

In this case the learner is an object of control, and a teacher or trained device is a source of control. Obviously, this is a complex object and we can use all known principles of control by a complex object [1].

Look at the training process scheme (fig. 1). The control object is an object of training (called a “trainer”), the control device is a trained unit (called a “teacher”). Y is a trainer’s state, measured by data unit D_y ; Y' – information about trainer’s state got by a teacher in answer to questions U , besides U includes the portions of training information. Purposes of training Z^* and resources R are given to the teacher.

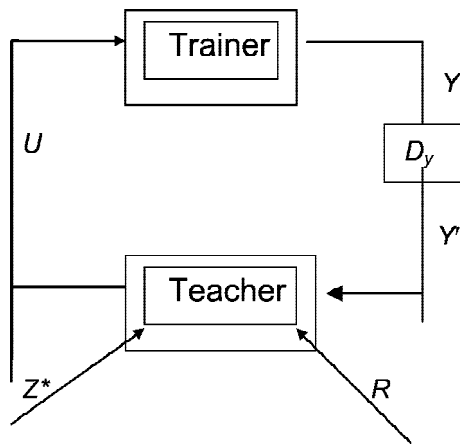


Fig. 1. Training process scheme

The problem is to organize the training U , changing trainer’s state Y to achieve the formulated purposes Z^* :

$$U = \varphi(Y, Z^*, R),$$

where φ is an algorithm of training.

As a rule the training process in computer training systems is realized in the next way. A trainer gets an information portion, which should be learnt. Then he is tested to determine a level of training quality. Answers of the trainer are checked and he gets the new information portion. The information portion sequence is determined by the training program [3]. The linear and branched training programs are widely spread. Besides the branched programs are divided in two types: outer and inner regulating ones.

New statement of the training problem. We should formulate new statements of the training problem [4]. We formalize:

- training purpose Z^* ;
- training information;
- trainer model;
- algorithm of training.

We present the training process as sequence of seances (lessons) beginning at time moments $t_0, t_1, \dots, t_n$. To determine the effectiveness we take a function of training quality $Q_n = Q(Y_n)$, where Y_n – state of object at moment t_n . The purpose is to minimize Q by training:

$$Q(Y) \rightarrow \min_{u \in U}.$$

Since a level of absolute training Q^* can not be achieved because of real properties of the human memory the training process should be terminated, when the criterion of quality reaches some given quantity δ :

$$Q_n \leq \delta,$$

where $\delta > Q^*$ is quantity, close to Q^* .

Purpose Z^* can be formalized as

$$Z^*: \begin{cases} Q(Y^*) \leq \delta, \\ T(Y^*) = \min, \end{cases}$$

where $T(Y^*)$ – time, necessary to reach the state Y^* .

We formalize training information (TI). We consider such process, where TI can be presented as a finite state of enumerated elementary portions: $U = \{1, 2, \dots, N\}$. At every seance with help of the training algorithm the following subset is constructed:

$$U_n = \{u_1, u_2, \dots, u_{M_n}\}, u_i \neq u_j \text{ при } i \neq j, u_i \in U.$$

This subset contains M_n elementary portions of TI with the corresponding numbers.

We consider the trainer model. We describe a trainer state at the n -th seance by an ignorance probability vector:

$$Y_n = P_n = (p_1^n, p_2^n, \dots, p_N^n),$$

where p_i^n – ignorance probability of the i -th element at moment t_n .

Using data of psychology in the field of memory research we choose exponential dependency as a model:

$$p_i^n = p_i(t_i^n) = 1 - e^{-a_i^n t_i^n},$$

where a_i^n – rate of forgetting the i -th element at the n -th seance; t_i^n – time after last learning the i -th TI element. The forgetting rate of each element is reduced, if this element is given to the trainer to learn, and it is not changed otherwise:

$$\alpha_i^{n+1} = \begin{cases} \alpha_i^n, & \text{if } i \notin U_n, \\ \gamma' \alpha_i^n, & \text{if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 0, \\ \gamma'' \alpha_i^n, & \text{if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 1, \end{cases} n = 1, 2, \dots,$$

where $\gamma', \gamma'', \alpha_i^1$ ($i = 1, 2, \dots, N$) – parameters defining the individual features of trainer memory; $0 < \gamma' < \gamma'' < 1, \alpha_i^1 > 0$.

Answers to tests can be written as:

$$r_i^n = \begin{cases} 0, & \text{if answer is right,} \\ 1, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

The effectiveness criterion Q should define a level of training. For the foreign language learning problem the level of training is defined by ignorance probability of any TI element:

$$Q_n = \sum_{i=1}^N p_i(t_i^n) q_i^{\max} \xrightarrow{U_n} \min \Rightarrow U_n^*,$$

where $0 < q_i < 1$ is a frequency of the element appearance in the given text, $Sq_i = 1$; $q_i^{\max} = \max q \{q_{i1}, q_{i2}, q_{i3}\}$, q_{i1}, q_{i2}, q_{i3} – frequencies of English, German and Russian word from the corresponding multilingual frequency dictionary [5].

A result of the problem solution is an optimal TI portion U_n^* given at the n -th seance.

To minimize Q_n it is necessary to include the elements of the greatest meaning of multiplication $p_i(t_i^n)q_i$ in U_n^* because their memorizing causes multiplication vanishing and decreases the meaning Q_n essentially.

Therefore it is required to find M_n maximal members of sum in the criterion, whose indexes define TI portion. They can be found by the rule:

$$\begin{aligned} u_1 &= \arg \max_{1 \leq i \leq N} p_i(t_i^n)q_i^{\max}, \\ u_2 &= \arg \max_{1 \leq i \leq N, i \neq u_1} p_i(t_i^n)q_i^{\max}, \\ &\dots \\ u_{M_n} &= \arg \max_{1 \leq i \leq N} p_i(t_i^n)q_i^{\max}, \\ i &\neq u_j \quad (j = 1, 2, \dots, M_n - 1), \end{aligned} \quad (1)$$

where $\arg \max \{a_i\} = i^*$ is index $i^* \in U$ of maximal a_{i^*} , it means $a_{i^*} = \max a_i$, and $\{u_1, \dots, u_{M_n}\} = U^* - \text{TI portion given to the trainer at the } n\text{-th seance.}$

Let T_n be the duration of the n -th seance or time for learning the portion. We assume that time of learning the i -th element is directly proportional to its ignorance probability. Then

$$M_n = \max_{1 \leq M \leq N} \left\{ M : T_n \geq \kappa \sum_{i \in \{u_1, \dots, u_M\}} p_i(t_i^n) \right\}, \quad (2)$$

where κ – average learning time of TI element at its first presentation to the trainer; $u_1, \dots, u_{M_n}$ – numbers of TI elements. Parameter κ is unknown a priori and should be adapted:

$$\kappa_{n+1} = \kappa_n + v (T'_n - T_n), \quad (3)$$

where v is unmeasured coefficient of adaptation rate, T'_n is time spent by the trainer to learn U_n .

Training Algorithm. Thus the training algorithm [6] can be presented in the following way.

1. Check knowledge of portion U_n and construct the set R_n .

2. Realize parameter adaptation:

$$\alpha_i^{n+1} = \begin{cases} \alpha_i^n, & \text{if } i \notin U_n, \\ \gamma' \alpha_i^n, & \text{if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 0, \\ \gamma'' \alpha_i^n, & \text{if } i \in U_n \text{ and } r_i^n = 1, \quad n = 1, 2, \dots, \end{cases}$$

3. Correct the ignorance probability vector, i. e. form P_{n+1} according to our exponential dependency, using previous rule and taking into account forgetting time of information after last learning t_i^n :

$$t_i^{n+1} = \begin{cases} \Delta t_n, & \text{if } i \in U_n, \\ t_i^n + \Delta t_n, & \text{if } i \notin U_n, \quad n = 0, 1, \dots \end{cases}$$

4. Calculate Q_{n+1} .

5. If $Q_{n+1} \leq \delta$ then the training process is terminated; otherwise you should define portion U_{n+1} by (1), and present this portion to the learner taking into account rules (2) and (3). The points 1...5 are repeated again and so on.

Model Parameter Estimate. When exploring the trainer model the problem of estimate of unknown parameters is appeared. We should estimate parameters of correction of forgetting rates γ' and γ'' and initial meaning of these rates $\alpha^1 = (\alpha_1^1, \dots, \alpha_N^1)$. These parameters describe individual features of the trainer memory.

α^1 can be estimated by maximal likelihood method. We can show it [3]. The likelihood function is constructed:

$$P = p^x (1-p)^{K-x},$$

where $x = \sum_{i \in U_n} r_i^n$ is a number of elements unremembered from K_n . The set $U_n = \{u_1, \dots, u_{K_n}\}$ contains the elements given to the trainer for the first time. Changing P for $\ln P$, we have

$$\frac{\partial \ln P}{\partial \alpha} = \frac{x e^{-\alpha t}}{1 - e^{-\alpha t}} + (x - K_n)t = 0.$$

We get an estimate of parameter α :

$$\hat{\alpha} = -\frac{1}{t} \ln \frac{K_n - x}{K_n}.$$

Parameters γ' and γ'' can be also estimated by maximal likelihood method [3]. Before training we should have experimental data presented by the set R_n . The trainer gets N strange words to memorize. Then he is tested, the required set R_n contains the test results. The trainer should learn the unremembered words until $r_i^n = 0$ for all $i = 1, 2, \dots, N$.

The data obtained with help of this experiment can be described by our model. In this case $M_n = N$ and $\Delta t_n = 1$ for all $n = 0, 1, \dots, K$, where K – number of tests, i. e.

$$K = \min \left\{ n : \sum_{i=1}^N r_i^n = 0 \right\}.$$

The forgetting rates are changed

$$\alpha_i^{n+1} = \begin{cases} \gamma' \alpha_i^n, & \text{if } r_i^n = 0, \\ \gamma'' \alpha_i^n, & \text{if } r_i^n = 1, \end{cases}$$

where $0 < \gamma' < \gamma'' < 1$, $i = 1, 2, \dots, N$, $n = 1, 2, \dots, K$. The ignorance probabilities have the following form:

$$p_i^n = 1 - e^{-\alpha_i^n}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad n = 1, 2, \dots, K.$$

It is taken into account here that all the words ($M_n = N$) are learned everyday ($\Delta t_n = 1$).

Let A_n be the set of word numbers unremembered before the n -th test; S_n – amount of these words, $|A_n| = S_n$. Then for all $i \in A_n$ we have

$$\alpha_i^n = (\gamma'')^{n-1} \alpha_i,$$

$$p_i^n = 1 - e^{-\alpha_i^n} = 1 - e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha_i} = p_i, \quad n = 1, 2, \dots$$

The experimental data can be presented by the set R_n of realizations r_i^n of variates ξ_i^n with the following distribution:

$$P\{\xi_i^n = 1\} = p_i^n,$$

$$P\{\xi_i^n = 0\} = 1 - p_i^n, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

We denote

$$x_n = \sum_{i \in A_n} (1 - r_i^n),$$

and construct the likelihood function

$$\begin{aligned} P &= \prod_{n=1}^K p_n^{S_n - x_n} (1 - p_n)^{x_n} = \\ &= \prod_{n=1}^K [1 - e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha}]^{S_n - x_n} [e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha}]^{x_n}. \end{aligned}$$

We change P for $\ln P$ and take a partial derivative over γ' in order to find a maximal meaning $\ln P$:

$$\frac{\partial \ln P}{\partial \gamma''} = \sum_{n=2}^K \left[\frac{S_n - x_n}{1 - e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha}} e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha} (n-1) \times \right. \\ \left. \times (\gamma'')^{n-2} \alpha - x_n (n-1) (\gamma'')^{n-2} \right] = 0.$$

We get an equation for finding γ'

$$\sum_{n=2}^K \frac{S_n - x_n}{1 - e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha}} e^{-(\gamma'')^{n-1} \alpha} (n-1) (\gamma'')^{n-2} = \\ = \sum_{n=2}^K x_n (n-1) (\gamma'')^{n-2}.$$

Obviously, it is impossible to get an exact solution of this equation, if $K \geq 6$. Therefore, we should simplify it.

We change

$$e^{-(\gamma'')^n \alpha} \approx 1 - (\gamma'')^n \alpha$$

and substitute it to the previous expression:

$$\sum_{n=2}^K (S_n - x_n) (n-1) = \alpha \sum_{n=2}^K S_n (n-1) (\gamma'')^{n-1}.$$

First of all we construct an approximated solution of this equation. In case when the meaning γ' is close to 1, we can use Taylor's row expansion:

$$(\gamma')^n = [1 - (1 - \gamma')]^n = 1 - n(1 - \gamma') + \dots$$

Applying this expansion we get

$$\sum_{n=2}^K (S_n - x_n) (n-1) \approx \\ \approx \alpha \sum_{n=2}^K S_n (n-1) [1 - (n-1)(1 - \gamma')].$$

Now we can estimate γ' :

$$\hat{\gamma}'' = 1 - \frac{\sum_{n=2}^K [S_n (\alpha - 1) + x_n] (n-1)}{\alpha \sum_{n=2}^K S_n (n-1)^2}.$$

If γ' is strongly different from the unit, this formula should be used for the first approximation to estimate.

For estimating the γ' parameter it is necessary to find an average number Θ of times when the words were not memorized and its mathematical expectation $M\Theta$. Θ can be calculated by experimental data:

$$\Theta = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^K \sum_{i=1}^N r_i^n.$$

The mathematical expectation can be presented in the following way:

$$M\Theta = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^K \sum_{i=1}^N M \xi_i^n = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^K \sum_{i=1}^N M p_i^n.$$

Since $p_i^n = 1 - e^{-\alpha_i^n}$, then

$$M\Theta \approx \frac{1}{N} \sum_{n=1}^K \sum_{i=1}^N M \alpha_i^n.$$

Using the elements of probability theory and the method of mathematical induction we get the following expression (the k -th moment of the forgetting rate):

$$M(\alpha_i^n)^k = (\gamma')^k M(\alpha_i^{n-1})^k + \\ + [(\gamma'')^k - (\gamma')^k] M(\alpha_i^{n-1})^{k+1}.$$

According to this formula all the moments can be calculated. Further we can find $M\alpha_i^n$ and MQ .

$$M\alpha_i^{n+1} = M\{\gamma' \alpha_i^n e^{-\alpha_i^n} + \gamma'' \alpha_i^n (1 - e^{-\alpha_i^n})\} \approx \\ \approx \gamma' M\alpha_i^n + (\gamma'' - \gamma') M(\alpha_i^n)^2.$$

The estimate of γ' can be obtained from equality $M \approx \Theta$ and by construction of successive approximations, supposing that $M\alpha_i^1 = \alpha_i^1$ ($i = 1, 2, \dots, N$). The approximations should be constructed until $n = k$. Then we get $\hat{\gamma}'_{k-1}$ and take it as a parameter $\hat{\gamma}'$ estimate.

This approach essentially differs from usual training systems that as a matter of fact simulate behavior of a teacher along with his didactic godsend and failures. Suggested approach reduces an influence of a teacher and teaches a trainer, taking into account the individual features of memory. At every step it minimizes a distance between a learner's state and given purpose. It means that the training is optimal at every step, but it does not guarantee optimality of whole training process. We only get a solution close to optimal.

We took one of the approaches to intellectual technologies synthesis in training, developing new methods of training, proposed by professor L. A. Rastrigin [1]. It considers training process as the learner's memory state. But one should notice that this method is oriented for the properties of the concrete subject sphere vocabulary, i. e. is based on the multilingual frequency dictionaries.

References

1. Rastrigin, L. A. Contemporary Principles of Control of Complex Systems / L. A. Rastrigin. M.: Mir, 1985.
2. Rastrigin, L. A. Demo-Version «ASOLIJA-SistAn» / L. A. Rastrigin [et al]. Riga: Asolija, 1997.
3. Rastrigin, L. A. Adaptive Training With Trainer Model / L. A. Rastrigin, M. H. Erenstein. Riga: Zinatne, 1988.
4. Learner's Memory State Model in Informational Training Technology / H.-R. Fluck, M. V. Karaseva, T. A. Kovaleva and E. A. Souzdaleva // Siberian Region: abstr. of Interr. conf. Vol. 1. Krasnoyarsk, 1999. P. 3–10.
5. Kovalev, I. V. English-German-Russian Frequency Dictionary on System Analysis / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva; Siberian State Aerospace University. Krasnoyarsk, 2004.
6. Kovalev, I. V. Adaptive algorithm for foreign vocabulary training on the basis of lexically related components / I. V. Kovalev, M. V. Karaseva, O. V. Leskov // Control systems and information technology. 2008. № 4 (34). P. 78–82.

М. В. Карасева

ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ ПАМЯТИ МОДЕЛИ ОБУЧАЕМОГО

Рассмотрена проблема обучения иностранному языку, связанная с использованием модели состояния памяти обучаемого в информационно-обучающей технологии. Применен один из подходов синтеза интеллектуаль-

ных технологий в обучении, предложенный профессором Л. А. Растригиным. В качестве модели обучения была взята экспоненциальная зависимость вероятности незнания лексической единицы от скорости и времени заывания.

Ключевые слова: информационно-обучающая технология, состояние памяти модели обучаемого, процесс обучения, порция информации, алгоритм обучения.

© Karaseva M. V., 2009

УДК 681.3.006

А. С. Кузнецов

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЗНАВАТЕЛЕЙ МУЛЬТИСИНТАКСИЧЕСКИХ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МУЛЬТИВЕРСИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрено синтезированное абстрактное устройство распознавания мультисинтаксических языков программирования. Это устройство может быть использовано в качестве основы для разработки трансляторов языков программирования мультиверсионных программных систем.

Ключевые слова: мультисинтаксический язык, язык программирования, мультиверсионный подход, программные системы.

Для создания отказоустойчивых программных систем известно множество подходов, использующихся на практике. К их числу относится методология мультиверсионного, или N -вариантного программирования [1], одной из отличительных черт которой является разработка нескольких версий одного и того же функционального модуля или компонента. В целом данная методология является дополнением к таким способам получения отказоустойчивых систем, как тестирование и верификация программного обеспечения.

Мультиверсионная программная методология основывается на допустимом разнообразии входных данных, и ее можно ввести в следующие элементы процесса разработки программного обеспечения:

- языки программирования модулей;
- алгоритмы решения типовых задач;
- средства программирования;
- методы тестирования.

Авторами ряда работ по мультиверсионному подходу отмечается тот факт, что при разработке программного обеспечения важно применение различных языков программирования для оформления вариантов [2] или версий [3] программных модулей, поскольку реализация различных версий модуля на разных языках позволяет уменьшить вероятность появления в версиях однотипных ошибок, связанных с языком.

Процесс создания мультиверсионных программных систем подразумевает их архитектурное разбиение на компоненты и модули, создаваемые независимо друг от друга. Однако нередко возникает необходимость в кодировании этих модулей на разных языках в рамках одного и того же исходного текста, как, например при создании динамических HTML-страниц с включением кода на язы-

ках JavaScript и (или) VB Script [4]. Традиционный процесс разработки мультиверсионных систем не позволяет выполнить это простым способом. Обойти данное ограничение можно с помощью мультисинтаксических языков программирования [5] и автоматизированной системы MuYacc построения трансляторов языков этого класса.

Итак, в рамках одного исходного текста программы могут одновременно использоваться языки со свойствами, различающимися с точки зрения синтаксиса, и, как следствие, генерируемые разными классами грамматик. В связи с этим такие языки можно отнести к классу мультисинтаксических языков (МСЯ).

При этом синтаксис каждого из составляющих языков описывается контекстно-свободной грамматикой. Из языка-лидера выделяются специальные символы, сигнализирующие главному синтаксическому анализатору о передаче управления соответствующему вспомогательному анализатору. Количество лексических и семантических анализаторов может быть равно количеству используемых языков, а их взаимодействие друг с другом осуществляется по одной из традиционных схем.

Мультиавтомат с магазинной памятью. В основу системы MuYacc положено устройство распознавания МСЯ в виде мультиавтомата с магазинной памятью (МП-мультиавтомат). При этом каждый вспомогательный анализатор основывается на обычном автомате с магазинной памятью (МП-автомат), который принято описывать семеркой элементов [6]:

$$P = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F),$$

где Q – множество состояний автомата; Σ – алфавит входных символов; Γ – алфавит магазинных символов; δ – графически и таблично заданная функция переходов;

q_0 – начальное состояние автомата; F – множество конечных состояний автомата P ; Z_0 – символ, обозначающий дно магазина.

Функция δ с тремя аргументами (q – текущим состоянием автомата, a – текущим входным символом или пустой строкой ϵ , а также X – символом на вершине магазина) в качестве результата выдает пару элементов (p, γ) , где p – новое состояние автомата; γ – цепочка магазинных символов, замещающая X на вершине магазина. Если $\gamma = \epsilon$, то магазинный символ снимается. Если $\gamma = X$, то содержимое магазина не меняется. Например, если $\gamma = YZ$, то X заменяется на Z , а затем Y добавляется в магазин.

Для мультиавтомата P_{mul} данный набор расширяется за счет введения трех дополнительных элементов. Таким образом, требуемое абстрактное устройство описывается следующим образом:

$$P_{mul} = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F, M, S, \phi), \quad (1)$$

где первые семь элементов имеют тот же смысл, что и в обычном автомате с магазинной памятью; M – множество вспомогательных автоматов; S – особые состояния, соответствующие переключению на какой-либо вспомогательный автомат из множества M ; ϕ – функция переключения на соответствующий вспомогательный автомат из множества M .

Множество $M = \emptyset$ или $M = \bigcup_{j=1}^N M_j$, где $M_j, j = \overline{1, N}$ – соответствующий автомат с магазинной памятью из множества мощностью N . Если множество M пустое, то это признак вырожденного мультиавтомата или обычного магазинного автомата. При его программной реализации этот случай не должен восприниматься как ошибочный.

Аналогично множество $S \subseteq Q$ также может быть пустым ($S = \emptyset$). В общем случае $S = \bigcup_{j=1}^K S_j$, где $S_j, j = \overline{1, K}$ – особое состояние из соответствующего множества мощностью K . Количество особых состояний может быть больше либо равно количеству вспомогательных автоматов ($K \geq N$), поскольку из различающихся особых состояний возможно переключение на один и тот же автомат.

Мультиавтомат считается заданным ошибочно в следующих случаях:

- если количество особых состояний меньше количества вспомогательных автоматов ($K < N$), так как бессмысленно включать в устройство столь ресурсоемкий элемент, ни разу не получая шанса переключиться на него. Однако при желании это ограничение можно снять, резервируя, например, один или несколько вспомогательных автоматов для дальнейшего использования;
- если $M = \emptyset$, а $S \neq \emptyset$, так как тогда исчезает необходимость в выделении особых состояний.
- если $M \neq \emptyset$, а $S = \emptyset$ по тем же соображениям, что и в первом пункте.

Полагая далее, что мультиавтомат не задан ошибочно, опишем функцию переключений ϕ , которую можно задавать таблично или графически, аналогично функции переходов δ .

Чтобы задать такую функцию, необходимо различать два случая: с наличием в мультиавтомате вспомогательных автоматов и без них.

В первом случае для этого должны быть указаны номер (неотрицательное целое число J_M) вспомогательного магазинного автомата из множества M и номер особого состояния из множества S (J_S). В итоге получаем функцию $\phi_{notempty}$, принимающую пять аргументов и дающую на выходе результат в виде набора из трех элементов:

$$\phi_{notempty}(q, a, X, J_M, J_S) : \{p, \gamma, M_{J_M}\}, \quad (2)$$

где p – новое состояние автомата; γ – цепочка магазинных символов; M_{J_M} – автомат с номером J_M из множества M .

Если взглянуть на это с конструктивной точки зрения, то именно в этот момент и осуществляется переход к вспомогательному автомату с магазинной памятью в виде вызова соответствующей процедуры или перехода по таблице в зависимости от реализации, которая в свою очередь зависит от требуемой эффективности функционирования транслятора.

Теперь предположим, что $M = \emptyset$. Иначе говоря, в нашем абстрактном устройстве нет никаких вспомогательных автоматов. В этом случае необходимо, чтобы функция переключений ϕ вела себя точно так же, как функция переходов δ обычного автомата. В результате получаем функцию ϕ_{empty} , которая при ближайшем рассмотрении отличается от функции переходов лишь своим названием:

$$\phi_{empty}(q, a, X) : \{p, \gamma\}. \quad (3)$$

В общем виде функция переключений ϕ приобретает вид

$$\phi(q, a, X, J_M, J_S) = \begin{cases} \phi_{notempty}(q, a, X, J_M, J_S) : \{p, \gamma, M_{J_M}\}, & \text{если } M \neq \emptyset \text{ и } S \neq \emptyset \text{ и } |M| \leq |S|, \\ \phi_{empty}(q, a, X) : \{p, \gamma\}, & \text{если } M = \emptyset \text{ и } S = \emptyset. \end{cases} \quad (4)$$

Теперь дадим формализованное описание МП-мультиавтомата с учетом выражений (2) и (3):

$$P_{mul} = \begin{cases} (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F, M, S, \phi_{notempty}), & \text{если } M \neq \emptyset \text{ и } S \neq \emptyset \text{ и } |M| \leq |S|, \\ (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F, M, S, \phi_{empty}), & \text{если } M = \emptyset \text{ и } S = \emptyset, \\ \text{Ошибка в противном случае.} \end{cases} \quad (5)$$

Эквивалентным для (5), с учетом (4), будет следующее формальное определение мультиавтомата, которое отличается от (1) лишь явным указанием на ошибку в описании:

$$P_{mul} = \begin{cases} (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, F, M, S, \phi), & \text{если } |M| \leq |S|, \\ \text{Ошибка в противном случае.} \end{cases} \quad (6)$$

Функционирование МП-мультиавтомата. Работа простого автомата, а также вырожденного МП-мультиавтомата с магазинной памятью описывается сменой конфигураций [7], где под конфигурацией МП-автомата, или его мгновенным описанием (ID), понимается тройка элементов, описывающих состояние q , оставшуюся часть входной цепочки символов, составляющих программу ω , и содержимое магазина γ . Таким образом $ID = (q, \omega, \gamma)$.

Если P – это МП-автомат, а $\delta(q, a, X)$ содержит (p, α) , то $\vdash P$ определяет отношение, которое для всех цепочек ω из Σ^* и β из Γ^* такое, что

$$(q, a\omega, X\beta) \vdash P (p, \alpha, \beta).$$

По аналогии с этими понятиями дадим определение конфигурации, или мгновенного описания ID_{mul} , МП-мультиавтомата P_{mul} . Поскольку в некоторый момент времени в выделенном состоянии может быть запущен вспомогательный МП-автомат, то помимо текущего состояния оставшейся части входа и содержимого своего магазина мультиавтомат описывается также через конфигурации каждого из содержащихся в нем МП-автоматов. Последнее является множеством ID_{aux} в формуле

$$ID_{aux} = \bigcup_1^N ID_j, \quad (7)$$

где N – количество вспомогательных автоматов. Таким образом, получаем мгновенное описание мультиавтомата в виде следующей формулы:

$$ID_{mul} = \begin{cases} (q, \alpha, \gamma, \emptyset), \text{ если } P_{mul} = P, \\ (q, \alpha, \gamma, ID_{aux}), \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (8)$$

Также определим для МП-мультиавтомата бинарное отношение перехода $\vdash P_{mul}$. Если P_{mul} – это описанный МП-мультиавтомат, и $\phi(q, a, X, J_M, J_S)$ содержит (p, α, M_{J_M}) , то $\vdash P_{mul}$ определяет отношение, которое для всех цепочек ω из Σ^* и β из Γ^* такое, что

$$(q, a\omega, X\beta, M_{J_M}) \vdash P_{mul} (p, \alpha, \beta, M_{J_M}).$$

Используем символ $\vdash P_{mul}^*$ для представления нуля или более переходов МП-мультиавтомата. Итак, имеем следующее индуктивное определение.

Базис: $I \vdash P_{mul}^* I$ для любого мгновенного описания I .

Индукция: $I \vdash P_{mul}^* J$, если существует некоторое мгновенное описание K , удовлетворяющее условиям

$$I \vdash P_{mul} K \text{ и } K \vdash P_{mul}^* J.$$

Таким образом, $I \vdash P_{mul}^* J$, если существует такая последовательность мгновенных описаний $K_1, K_2, \dots, K_n$, у которой $I = K_1, J = K_n$ и $K_i \vdash P_{mul} K_{i+1}$ для всех $i = 1, 2, \dots, n-1$.

Языки, допускаемые МП-мультиавтоматами. Получив данное описание абстрактного устройства и механизма его функционирования, мы можем теперь определить через него понятие МСЯ, распознаваемого МП-мультиавтоматом.

Итак, МСЯ является допускаемым мультиавтоматом с магазинной памятью по заключительному состоянию, если он начал свою работу в начальной конфигурации, получив на вход цепочку символов, составляющих программу, прочитал ее полностью, передавая управление соответствующим вспомогательным МП-автоматам (при наличии таковых), и достиг одной из своих конечных конфигураций при условии достижения заключительных конфигураций вспомогательными автоматами или опустошения их магазинов.

Таким образом, если P_{mul} – это мультиавтомат, описанный выражением (6), то тогда языком $L(P_{mul})$, допускаемым мультиавтоматом по заключительному состоянию, является выражение

$$L(P_{mul}) = \{ \omega \mid (q_0, \omega, Z_0, ID_{mul}) \vdash P_{mul}^* (q, \varepsilon, \alpha, ID_{mul}) \}. \quad (9)$$

Докажем это утверждение.

1. Сначала предположим, что мультиавтомат не содержит вспомогательных автоматов, тогда, как указывалось выше, он ничем не отличается от обычного МП-автомата. Следовательно, доказательство его сходимости к конечной конфигурации не отличается от доказательства, приведенного, например, в [8].

2. Далее предположим, что рассматриваемый нами мультиавтомат содержит единственный вспомогательный МП-автомат. Поскольку по определению передача ему управления осуществляется в одном из специально выделенных состояний МП-мультиавтомата, а после возврата управления последнему осуществляется переход к следующему обычному состоянию в соответствии с функцией перехода и никакого иного влияния вспомогательный автомат на наше абстрактное устройство не оказывает, то его можно удалить из мультиавтомата. Тогда доказательство сходимости может быть сведено к п. 1.

3. Теперь допустим, что мультиавтомат имеет два вспомогательных МП-автомата. Поскольку, как было указано выше, они друг на друга не влияют, то мы можем поочередно удалить их из мультиавтомата. Тогда доказательство сходимости может быть сведено к п. 2.

4. По этой же схеме доказывается конечность алгоритма работы мультиавтомата при любом количестве МП-автоматов больше одного.

Мультисинтаксический язык является допускаемым мультиавтоматом с магазинной памятью по пустому магазину, если он начал свою работу в начальной конфигурации, получив на вход цепочку символов, составляющих программу, прочитал ее полностью и закончил работу при наличии в магазине лишь маркера его дна:

$$L(P_{mul}) = \{ \omega \mid (q_0, \omega, Z_0, ID_{mul}) \vdash P_{mul}^* (q, \varepsilon, \varepsilon, ID_{mul}) \}. \quad (10)$$

Ограничения на вспомогательные автоматы здесь те же, что и в выражении (9).

В [8] приводится доказательство эквивалентности языков, допускаемых по пустому магазину и по заключительному состоянию. Следовательно, построив мультиавтомат с магазинной памятью, допускающий язык по пустому магазину, эквивалентный такому же устройству, допускающему язык по заключительному состоянию, мы можем использовать доказательство выражения (9).

Формирование таблиц синтаксического анализа мультисинтаксических языков программирования. Итак, предложенный выше МП-мультиавтомат может быть использован в качестве основы программы синтаксического анализа МСЯ. Однако на каждом шаге он может требовать наличия нескольких магазинов произвольного размера в каждый момент времени, что не всегда приемлемо даже для ресурсов современных средств вычислительной техники. В силу этой и ряда других причин, трансляторы языков программирования, как правило, строятся на базе таблично-управляемых алгоритмов синтаксического анализа [7]. Эти алгоритмы в достаточной мере представлены в специальной литературе, и автором данной статьи было принято решение модифицировать один из алгоритмов формирования таблиц синтаксического

анализа с тем, чтобы в дальнейшем воспользоваться им для создания системы MuYacc.

Известно, что метод LALR(1) восходящего синтаксического анализа позволяет покрыть большинство синтаксических аспектов применяемых на практике языков программирования [7]. Модификация этого метода позволила получить алгоритм mLALR (1), который унаследовал от своего родителя необходимость построения таблиц, строки которых соответствуют состояниям синтаксического анализатора, а столбцы – терминальным и нетерминальным символам контекстно-свободной грамматики, описывающей каждый язык-компонент МСЯ. При этом для анализаторов вспомогательных языков используется классический LALR(1)-алгоритм с элементами, которые могут принимать значения четырех типов [7]. В то же время синтаксический анализатор для языка-лидера использует таблицы с элементами пяти типов, из которых первые четыре унаследованы от LALR(1)-алгоритма:

- элементы переноса. Эти элементы имеют вид S_k и означают следующее: поместить в магазин символ, соответствующий столбцу; поместить в магазин состояние k и перейти к состоянию k ; если рассматриваемый символ – терминальный, то принять его. Если данный перенос подразумевает запуск анализатора вспомогательного языка, то это действие выполняется;

- элементы свертки. Они имеют вид R_m и означают, что нужно выполнить свертку с помощью правила m ; удалить N символов и N состояний из магазина (N – количество символов в правой части правила m); перейти к состоянию, находящемуся на вершине магазина. Нетерминал из левой части продукции m считается следующим входным символом;

- элементы ошибок. Они являются пустыми ячейками таблицы и соответствуют синтаксическим ошибкам;

- элементы остановки, которые имеют вид Ассерпт. Ими завершается процесс синтаксического анализа (входная строка принимается). Если анализируется вспомогательный язык, то процедуре анализа лидирующего языка возвращается успешное значение;

- элементы запускающего переноса. Эти элементы имеют вид E_k и означают следующее: поместить в магазин символ, соответствующий столбцу; поместить в магазин состояние k ; найти и запустить анализатор соответствующего вспомогательного языка; если этот анализатор закончил анализ состоянием ошибки, то завершить анализ лидирующего языка с ошибкой; в противном случае перейти к состоянию k . Поскольку рассматриваемый символ – терминальный, то его принимают.

Анализатор языка-лидера начинает свою работу из начального состояния 0 и, переходя из одного состояния в другое, может закончить свою работу либо в состоянии Ассерпт, либо в состоянии ошибки.

Таким образом, под руководством автора данной статьи был разработан компилятор компиляторов MuYacc [9], предназначенный для автоматизации процесса генерации трансляторов МСЯ. В качестве базиса MuYacc выбран описанный выше мультиавтомат с магазинной памятью. Это программное средство использовалось для создания экспериментального компилятора языка программирования С с возможностью включения кода на языке ассемблера архитектуры x86 в двух известных нотациях – Intel и AT&T. Опытная эксплуатация полученного компилятора показала практически двукратное снижение количества ошибок при построении второй версии двухвариантных модулей общим размером около 8 KLOC независимо от порядка их конструирования.

Библиографический список

1. Avizienis, A. The Methodology of N-Version Programming / A. Avizienis // Software Fault Tolerance. New York : John Wiley & Sons, 1995. P. 23–47.
2. Горбунов-Посадов, М. М. Расширяемые программы / М. М. Горбунов-Посадов. М. : Полиптих, 1999.
3. Соммервилл, И. Инженерия программного обеспечения / И. Соммервилл. М. : Вильямс, 2002.
4. Глушаков, С. В. Программирование Web-страниц. JavaScript. VBScript / С. В. Глушаков, И. А. Жакин, Т. С. Хачиров. Харьков : Фолио, 2002.
5. Кузнецов, А. С. Автоматизация процесса генерации компиляторов мультисинтаксических языков программирования / А. С. Кузнецов, И. В. Ковалев, Е. А. Веретенников // Вестник СибГАУ. 2007. Вып. 3(16). С. 73–75.
6. Карпов, Ю. Г. Теория и технология программирования. Основы построения трансляторов / Ю. Г. Карпов. СПб. : БХВ-Петербург, 2005.
7. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий / А. Ахо, М. Лам, Р. Сети, Дж. Ульман. 2-е изд. М. : Вильямс, 2008.
8. Хопкрофт, Дж. Э. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений / Дж. Э. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж. Д. Ульман. 2-е изд. М. : Вильямс, 2002.
9. Кузнецов, А. С. Генерация компиляторов мультисинтаксических языков программирования мультиверсионных систем / А. С. Кузнецов, И. В. Ковалев // Прогр. продукты и системы. 2008. Вып. 4 (84). С. 101–103.

A. S. Kuznetsov

MODELING FOR RECOGNIZERS OF MULTISYNTAX PROGRAMING LANGUAGES FOR MULTI VERSION SYSTEMS

The abstract device for recognizing of multi syntax programming languages to construct multi version programming systems is covered. The synthesized device is a complex can be used as a base for programming language translation tool of multi version programming system development.

Keywords: multi syntax language, programming language, multi version approach, program system.

© Кузнецов А. С., 2009

МОДЕЛИ МОДУЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены модели модульной декомпозиции программного обеспечения, реализующего технологические циклы управления.

Ключевые слова: программное обеспечение, технологический цикл управления, модульная декомпозиция.

Разработка и эксплуатация современных космических аппаратов (КА), на базе которых создаются распределенные системы реального времени, непосредственно связана с разработкой программного обеспечения (ПО), функционирующего как в контурах наземного комплекса управления, так и в бортовых комплексах управления, выполненных на основе бортовых цифровых вычислительных машин. В настоящее время в разработке и эксплуатации КА используется сочетание серийных методов с индивидуальным производством, которое, с одной стороны, характеризуется высокой степенью унификации базового ПО, инженерных методов и методик его проектирования, а с другой – применением уникального ПО (даже для КА одного типа).

Процесс эксплуатации и функционирования КА на орбите регламентируется технологическими циклами управления (ТЦУ), которые определяют временные и информационные взаимосвязи между отдельными контурами управления КА, что выражается в установлении периодичности, планируемой длительности и порядка решения задач по обработке информации и управления КА [1]. В процессе эксплуатации возможно изменение характеристик КА и режимов его функционирования вследствие технических неисправностей или изменений в программах целевой работы, отражающихся как на составе, так и на алгоритмах управляющего ПО. При этом в случае выведения КА из штатных состояний (в соответствии с штатными ТЦУ) ряд характеристик управляющего ПО, а также процесса его разработки, в частности надежность, отказоустойчивость, быстродействие, определяет вероятность успешного завершения этой операции и размер ущерба [2].

На современном этапе среди множества требований к качеству ПО, методам и методикам его разработки и сопровождения большое значение приобретают такие требования, как скорость и стоимостная эффективность разработки, внешние средства поддержки исполнения, тестирования и анализа, а также доступность методов и инструментальных средств широкому кругу специалистов, обслуживающих системы управления КА и ТЦУ [3–6].

Выполнение этих требований при проектировании отказоустойчивых и высоконадежных систем ПО связано с созданием моделей модульной декомпозиции при условии их интеграции с методами инженерного проектирования ПО и адекватного отражения технологии управления КА, что позволяет использовать многолетний опыт и интуицию проектировщиков систем управления КА, ответственных за его функционирование на орбите и выполнение целевых функций [7].

Основные требования к ПО и типовая структура модульного ПО ТЦУ определяются спецификой функционирования системы управления КА в реальных условиях и введением ПО процессов управления КА в ранг программного продукта. Среди этих требований в первую очередь выделяются необходимость эффективного использования памяти и производительности; способность к массовому тиражированию, длительность и непрерывность функционирования; высокая степень документированности; эффективность эксплуатации, модернизируемость; переносимость и сопровождаемость [8]. Все перечисленные требования должны выполняться на фоне реализации основных функциональных задач космической системы.

Известны два типа моделей модульной декомпозиции программного обеспечения вычислительных и информационно-управляющих систем [9]:

- модель потока данных;
- модель объектов.

В основе модели потока данных лежит разбиение по функциям. Модель объектов основана на слабо сцепленных сущностях, имеющих собственные наборы данных, состояния и наборы операций.

Очевидно, что выбор типа декомпозиции ПО технологических циклов управления должен определяться сложностью структуры ТЦУ, количеством контуров и подсистем, программная составляющая которых подвергается декомпозиции.

Итак, модуль – это фрагмент программного текста, являющийся строительным блоком для физической структуры системы. Как правило, модуль состоит из интерфейсной части и части-реализации.

Модульность является свойством системы, которая может подвергаться декомпозиции на ряд внутренне связанных и слабо зависящих друг от друга модулей.

По определению Г. Майерса, модульность – это свойство ПО, обеспечивающее интеллектуальную возможность создания сколь угодно сложной программы [6]. Проиллюстрируем эту точку зрения.

Пусть $C(x)$ – функция сложности решения проблемы x , $T(x)$ – функция затрат времени на решение проблемы x . Для двух проблем p_1 и p_2 из соотношения $C(p_1) > C(p_2)$ вытекает, что

$$T(p_1) > T(p_2). \quad (1)$$

Этот вывод интуитивно ясен: решение сложной проблемы требует большего времени.

Далее отметим, что из практики решения проблем человеком следует

$$C(p_1 + p_2) > C(p_1) + C(p_2),$$

отсюда, с учетом соотношения (1), запишем

$$T(p_1 + p_2) > T(p_1) + T(p_2). \quad (2)$$

Соотношение (2) – это обоснование модульности. Оно приводит к заключению, что сложную проблему легче решить, разделив ее на управляемые части. Результат, выраженный неравенством (2), имеет важное значение и для модульности ПО. Фактически это аргумент в ее пользу.

Однако здесь отражена лишь часть реальности, поскольку тут не учитываются затраты на межмодульный интерфейс, что является существенным фактором при проектировании ПО ТЦУ: увеличение количества модулей (и уменьшение их размера) повышает эти затраты (см. рисунок).



Таким образом, существует оптимальное количество модулей Opt , которое приводит к минимальной стоимости разработки, однако не существует метода гарантированного предсказания Opt . Впрочем разработчики знают, что оптимальный модуль должен удовлетворять двум критериям [9]:

- снаружи он проще, чем внутри;
- его проще использовать, чем построить.

Принцип информационной закрытости Д. Парнаса (1972) утверждает: содержание модулей должно быть скрыто друг от друга [7; 8]. Модуль должен определяться и проектироваться так, чтобы его содержимое (процедуры и данные) было недоступно тем модулям, которые не нуждаются в такой информации, т. е. клиентам.

Информационная закрытость означает следующее:

- все модули независимы и обмениваются только информацией, необходимой для работы;
- доступ к операциям и структурам данных модуля ограничен.

Отметим достоинства информационной закрытости:

– возможна разработка модулей различными независимыми коллективами;

– обеспечивается легкая модификация системы за счет того, что вероятность распространения ошибок очень мала, поскольку большинство данных и процедур скрыто от других частей системы.

Идеальный модуль играет роль «черного ящика», содержимое которого невидимо клиентам. Он прост в использовании, так как количество ручек и органов управления им невелико [9]. Его легко развивать и корректировать в процессе сопровождения программной системы. Но для обеспечения таких возможностей система внутренних и внешних связей модуля должна отвечать особым требованиям. Обсудим характеристики внутренних и внешних связей модуля.

Связность модуля (*Cohesion*) – это мера зависимости его частей [7–9]. Она является внутренней характеристикой модуля. Чем выше связность модуля, тем лучше результат проектирования, т. е. тем «чернее» его ящик (капсула, защитная оболочка модуля), тем меньше ручек управления на нем находится и тем проще эти ручки.

Для измерения связности используют понятие силы связности (СС). Существует семь типов связности (см. таблицу):

- 1) связность по совпадению ($CC = 0$): в модуле отсутствуют явно выраженные внутренние связи;
- 2) логическая связность ($CC = 1$): части модуля объединены по принципу функционального подобия. Например, модуль состоит из разных подпрограмм обработки ошибок. При использовании такого модуля клиент выбирает только одну из подпрограмм. Недостатки логической связности: сложное сопряжение; большая вероятность внесения ошибок при изменении сопряжения ради одной из функций;
- 3) временная связность ($CC = 3$): части модуля не связаны, но необходимы в один и тот же период работы системы. Недостаток – сильная взаимная связь с другими модулями, отсюда сильная чувствительность к внесению изменений;
- 4) процедурная связность ($CC = 5$): части модуля связаны порядком выполняемых ими действий, реализующих некоторый сценарий поведения;
- 5) коммуникативная связность ($CC = 7$): части модуля связаны по данным, т. е. работают с одной и той же структурой данных;
- 6) информационная (последовательная) связность ($CC = 9$): выходные данные одной части используются как входные данные в другой части модуля;

Характеристика связности модуля

Тип связности	Сопровождаемость	Роль модуля
Функциональная	Лучшая сопровождаемость	«Черный ящик»
Информационная (последовательная)		Не совсем «черный ящик»
Коммуникативная		«Серый ящик»
Процедурная	Худшая сопровождаемость	«Белый» или «просвечивающий ящик»
Временная		«Белый ящик»
Логическая		
По совпадению		

7) функциональная связность ($CC = 10$): части модуля вместе реализуют одну функцию.

Отметим, что типы связности 1, 2, 3 – это результат неправильного планирования архитектуры, а тип связности 4 – результат небрежного планирования архитектуры приложения [2].

Функционально связный модуль содержит элементы, участвующие в выполнении одной и только одной проблемной задачи, – функции ТЦУ. Каждый из этих модулей имеет единичное назначение. Когда клиент вызывает модуль, выполняется только одна работа, без привлечения внешних обработчиков. Некоторые из функционально связных модулей очень просты (например, «Вычислять синус угла» или «Читать запись файла»), другие сложны (например, «Вычислять координаты цели»). Модуль «Вычислять синус угла», очевидно, реализует единичную функцию. Дело в том, что – несмотря на сложность модуля и на то, что его обязанность исполнять несколько подфункций, если его действия можно представить как единую проблемную функцию (с точки зрения клиента), все равно считается, что модуль функционально связан.

Приложения, построенные из функционально связных модулей, легче всего сопровождать. Можно даже подумать, что любой модуль можно рассматривать как однофункциональный, однако не стоит заблуждаться. Существует много разновидностей модулей, которые выполняют для клиентов перечень различных работ и этот перечень нельзя рассматривать как единую проблемную функцию. Критерий при определении уровня связности этих нефункциональных модулей таков: как связаны друг с другом различные действия, которые они исполняют.

Приведем алгоритм определения уровня связности модуля.

1. Если модуль – единичная проблемно-ориентированная функция, то уровень связности – функциональный; конец алгоритма. В противном случае перейти к п. 2.

2. Если действия внутри модуля связаны, то перейти к п. 3. Если действия внутри модуля никак не связаны, то перейти к п. 6.

3. Если действия внутри модуля связаны данными, то перейти к п. 4. Если действия внутри модуля связаны потоком управления, то перейти к п. 5.

4. Если порядок действий внутри модуля важен, то уровень связности – информационный. В противном случае уровень связности – коммуникативный. Конец алгоритма.

5. Если порядок действий внутри модуля важен, то уровень связности – процедурный. В противном случае уровень связности – временной. Конец алгоритма.

6. Если действия внутри модуля принадлежат к одной категории, то уровень связности – логический. Если действия внутри модуля не принадлежат к одной категории, то уровень связности – по совпадению. Конец алгоритма.

Возможны более сложные случаи, когда с модулем ассоциируются несколько уровней связности. В этих случаях следует применять одно из двух правил:

– правило параллельной цепи: если все действия модуля имеют несколько уровней связности, то модулю присваивается самый сильный уровень связности;

– правило последовательной цепи: если действия в модуле имеют разные уровни связности, то модулю присваивают самый слабый уровень связности.

Например, модуль может содержать некоторые действия, которые связаны процедурно, а также другие действия, связанные по совпадению. В этом случае применяют правило последовательной цепи и модуль в целом считают связным по совпадению.

Сцепление (*Coupling*) – мера взаимозависимости модулей по данным [5; 6]. Это внешняя характеристика модуля, которую желательно уменьшать.

Количественно сцепление измеряется степенью сцепления (СЦ). Выделяют шесть типов сцепления:

1) сцепление по данным (СЦ = 1): модуль А вызывает модуль В. Все входные и выходные параметры вызываемого модуля – простые элементы данных;

2) сцепление по образцу (СЦ = 3): в качестве параметров используются структуры данных;

3) сцепление по управлению (СЦ = 4): модуль А явно управляет функционированием модуля В (с помощью флагов или переключателей), посылая ему управляющие данные;

4) сцепление по внешним ссылкам (СЦ = 5): модули А и В ссылаются на один и тот же глобальный элемент данных;

5) сцепление по общей области (СЦ = 7): модули разделяют одну и ту же глобальную структуру данных;

6) сцепление по содержанию (СЦ = 9): один модуль прямо ссылается на содержание другого модуля (не через его точку входа), например коды их команд перемежаются друг с другом.

В простейшем случае сложность системы определяется как сумма мер сложности ее модулей. Сложность модуля может вычисляться различными способами. Вместе с тем известно, что любая сложная система состоит из элементов и системы связей между элементами и что игнорировать внутрисистемные связи неразумно.

При оценке сложности ПО Т. МакКейб предложил исходить из топологии внутренних связей [4]. Для этой цели он разработал метрику цикломатической сложности. Это был шаг в нужном направлении. И дальнейшее уточнение оценок сложности потребовало, чтобы каждый модуль мог представляться как локальная структура, состоящая из элементов и связей между ними.

Таким образом, при комплексной оценке сложности ПО ТЦУ необходимо рассматривать меру сложности модулей, меру сложности внешних связей (между модулями) и меру сложности внутренних связей (внутри модулей) [2; 5]. Традиционно с внешними связями сопоставляют такую характеристику, как сцепление, а с внутренними связями – связность.

Библиографический список

1. Ковалев, И. В. Стохастическая сетевая модель для оптимизации формирования технологических циклов управления космическими аппаратами / И. В. Ковалев, А. А. Ступина // Авиакосмич. приборостроение. 2006. № 5. С. 2–15.
2. Ковалев, И. В. Архитектурная надежность программного обеспечения автоматизированной системы техни-

ческой диагностики / И. В. Ковалев, А. А. Ступина, Р. Ю. Царев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 12. С. 47–52.

3. Бозм, Б. Характеристики качества программного обеспечения / Б. Бозм, Дж. Браун, Х. Каспар и др. М. : Мир, 1999.

4. Глас, Р. Руководство по надежному программированию : пер. с англ. / Р. Глас. М. : Финансы и статистика, 2000.

5. Дилон, Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Дилон, И. Сингх. М. : Мир, 1992.

6. Майерс, Г. Надежность программного обеспечения : пер. с англ. / Г. Майерс ; под ред. В. Ш. Кауфмана. М. : Мир, 1998.

7. Мамиконов, А. Г. Типизация разработки модульных систем обработки данных / А. Г. Мамиконов, В. В. Кульба, С. А. Косяченко. М. : Наука, 1989.

8. Мамиконов, А. Г. Синтез оптимальных модульных систем обработки данных / А. Г. Мамиконов, В. В. Кульба. М. : Наука, 1986.

9. Орлов, С. А. Технологии разработки программного обеспечения / С. А. Орлов. СПб. : Питер, 2002.

O. A. Antamoshkin, Ju. A. Nurgaleeva, A. V. Usachev

MODULAR DECOMPOSITION MODELS OF TECHNOLOGICAL CONTROL CYCLES SOFTWARE

Modular decomposition models of technological control cycles software are considered.

Keywords: software, technological control cycles, modular decomposition.

© Антамошкин О. А., Нургалева Ю. А., Усачев А. В., 2009

УДК 681.3

П. В. Зеленков, М. А. Селиванова, В. В. Брезницкая, А. П. Хохлов

МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЗАПРОСОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СЕТЬ ИНТЕРНЕТ ДЛЯ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Предложена новая технология организации запросов пользователей в сеть Интернет, применяемая в корпоративных информационно-управляющих системах. Предложена структура модуля обработки запросов пользователя, состоящая из агентов: получения запросов, распознавания профиля пользователя, распознавания запроса, сравнения типовых запросов, поиска информации и отображения отклика системы. Применение предлагаемой технологии позволяет существенно снизить внешний интернет-трафик.

Ключевые слова: корпоративные информационно-управляющие системы, Интернет, пользователь сети, структура системы, пользовательский запрос.

В настоящее время большинство компаний для информационного обеспечения сотрудников при взаимодействии с внешними информационными ресурсами используют подключение к глобальной сети Интернет. Для этого применяется наиболее популярная схема подключения (рис. 1). Данная схема является очень удобной, что связано с возможностью контролировать действия сотрудников в глобальной сети и закрывать доступ к сомнительным сайтам, таким как набирающие популярность социальные сети, развлекательные порталы и т. п.

В классической схеме подключения (см. рис. 1) пользователь может напрямую обратиться к Proxy-серверу и работать в сети Интернет без использования корпоративной информационно-управляющей системы (КИУС). Это приводит к тому, что запросы пользователя, связанные с рабочим процессом, никак не учитываются в рамках этой системы. Если рассмотреть работу

сотрудников одного отдела в рамках предприятия, то можно увидеть, что они, как правило, работают с одной и той же информацией. Кроме того, большинство сотрудников при входе в сеть Интернет просматривают одни и те же информационные и новостные ресурсы. Следовательно, интернет-трафик, затрачиваемый на просмотр данных ресурсов, расходуется нерационально: он увеличивается соответственно числу сотрудников или более, если один сотрудник просматривает данный ресурс неоднократно.

Необходимо отметить, что в небольших компаниях выход в сеть Интернет может быть организован вообще напрямую, т. е. без использования Proxy-сервера. Это влечет за собой еще более нерациональное использование интернет-ресурсов и увеличение затрат рабочего времени сотрудников, не связанных с выполнением рабочих процессов.

Для решения указанных выше проблем предлагается организовать обработку запросов пользователей через единый модуль в КИУС (рис. 2).

В качестве подобного модуля может выступать единый корпоративный информационно-управляющий браузер. Таким образом, все запросы пользователей будут проходить через данный модуль. Основная задача модуля при этом состоит в том, чтобы собирать предпочтения пользователей информационной системы, распознавать пользователей и работать с ними с применением технологии персонификации, организовывать внутреннее хранения результатов отклика Интернета. Кроме того, для снижения загруженности интернет-трафика и его экономии на этот модуль возлагается организация специальной поисковой процедуры. Ее основная функция состоит в том, чтобы сравнивать запросы пользователей, объединяя пользователей в группы в соответствии с их предпочтениями и производить поиск информации сначала в локальной корпоративной сети, а уже потом в сети Интернет.

Предлагаемая архитектура модуля обработки пользовательских запросов основана на агентной технологии (рис. 3). В структуру модуля входит семь агентов:

- получения запросов;
- распознавания пользователя;
- распознавания запроса;
- сравнения типовых запросов;
- поиска информации в КИУС;
- поиска информации в Интернете;
- отображения отклика системы.

Рассмотрим назначение каждого агента более детально.

Агент получения запросов отвечает за организацию взаимосвязи пользователя корпоративной системы и КИУС при

проведении поисковой процедуры. Этот агент непосредственно принимает пользовательский запрос и передает его в систему. В результате работы данного агента запускается группа других агентов: распознавания пользователя, распознавания запроса, сравнения типовых запросов.

Агент распознавания пользователя организует персонифицированную работу системы с каждым отдельным пользователем. Его основная задача – это управление профилями пользователя, отслеживание его информационных потребностей как в краткосрочном, так и долгосрочном временном интервале. Очевидно, что сформированный профиль пользователя КИУС отражается на выборе рациональной стратегии проведения информационно-поисковой процедуры.

Выбор категории или профиля пользователя нередко определяется набором типовых информационных потребностей. При формировании профиля пользователя часто учитывается ряд атрибутов, характеризующих различные производственные информационные потребности, возникающие в процессе функционирования предприятия или организации. Можно отметить наиболее распространенные атрибуты:

- наименование информационных разделов КИУС, которые необходимы пользователю для выполнения должностных обязанностей. Этот атрибут позволяет учитывать группы профилей, исходя из должностной принадлежности каждого отдельного пользователя, а также сформировать группы пользователей, исходя из других информационных потребностей (краткосрочных и периодических рабочих информационных потребностей, хобби т. п.);
- отслеживание предпочтений как на уровне группы, так и на уровне конкретного пользователя в том или ином



Рис. 1. Классическая схема организации поисковой процедуры в корпоративной информационно-управляющей системе

информационном разделе или ресурсе. Данный атрибут позволяет динамически менять краткосрочный и долгосрочный профиль пользователя;

– история проведенных пользователем и группой пользователей поисковых процедур. Этот атрибут отве-

чает за более качественное ранжирование результатов проведения поисковых процедур;

– динамика изменения пользовательских информационных потребностей. Данный атрибут позволяет организовать устоявшиеся группы пользователей и, следователь-

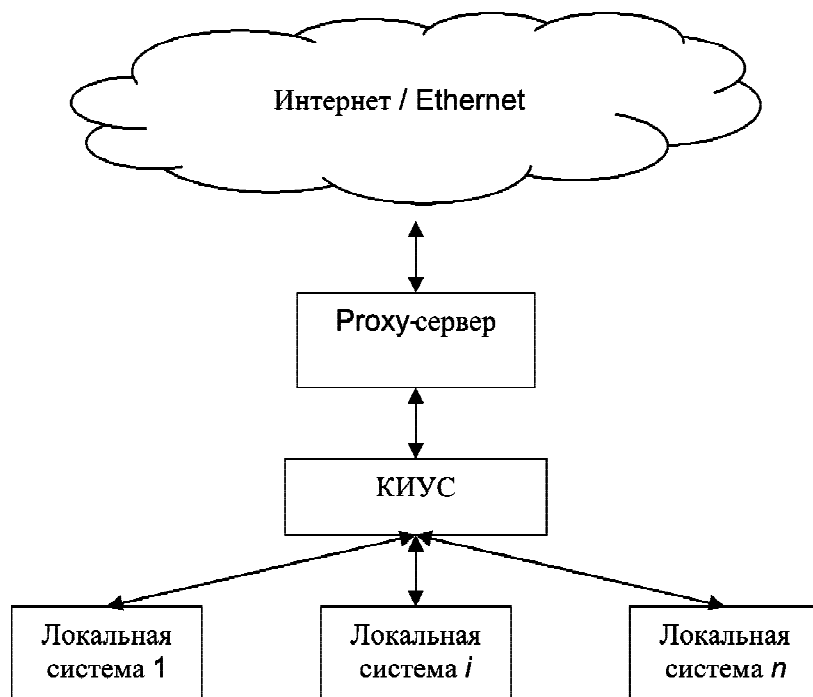


Рис. 2. Предлагаемая структура организации информационно-поисковой процедуры в КИУС

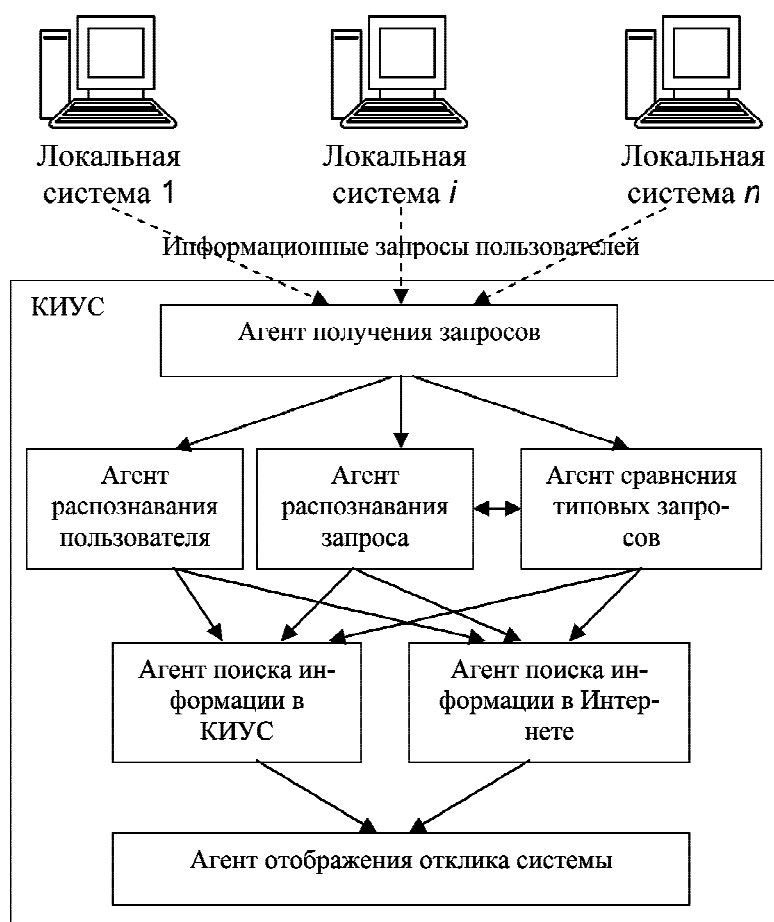


Рис. 3. Структура модуля обработки информационных запросов пользователя

но, более качественно управлять их информационными потребностями.

Агент распознавания запроса отвечает за корректный прием пользовательского запроса и его подготовку к отправке в информационное пространство КИУС. В это информационное пространство входят информационные ресурсы компании и интернет-ресурсы, к которым организован доступ сотрудников предприятия.

Агент сравнения типовых запросов связан с поиском в проиндексированной базе уже проведенных поисковых процедур по заданному пользователем запросу. Он выбирает группы пользователей, которые проводили данную ранее поисковую процедуру и проверяет категорию полученного информационного ресурса. В соответствии с данной информацией происходит коррекция параметров ранжирования информации дальнейшими агентами рассматриваемого модуля обработки запросов.

Агент поиска информации в КИУС отвечает за проведение поисковой процедуры во внутренних информационных ресурсах.

Повысить качество проведения этой процедуры можно за счет реализации функции каталогизации информации. Для этого необходимо реализовать в рамках КИУС проверку релевантности информации по заданным информационным категориям. Для этого можно воспользоваться технологией анализа информации, основанной на применении частотных словарей и тезаурусов [1; 2]. Таким образом, вся информация в корпоративной системе будет поделена на категории, которые будут соответствовать информационным разделам, входящим в профиль пользователей.

Агент поиска информации в Интернете отвечает за проведение поисковой процедуры по заданным параметрам.

Необходимо отметить, что на этом этапе применяется технология метапоиска [3; 4].

Метапоисковая система – это система, которая предоставляет единый доступ к нескольким другим поисковым системам, т. е. обслуживает запросы пользователей за счет опрашивания других поисковых систем. Современные метапоисковые системы имеют встроенные механизмы ранжирования и проверки релевантности информации. Такие системы популярны в силу следующих причин:

- повышения полноты охвата. Необходимо помнить, что ни одна поисковая система не имеет полного покрытия в Интернете, а использование нескольких поисковых систем повышает вероятность обнаружения искомого документа (рис. 4). Например, полностью русскоязычный сегмент сети не будет проиндексирован в базах данных поисковых систем, также есть документы, которые встречаются во всех трех приведенных системах, а есть сектора, которые учтены только в одной системе;

- повышения качества поиска. Наиболее типичный способ – выбор тех поисковых систем, которые более всего соответствуют текущим потребностям пользователя. Например, это может быть использование специализированной поисковой системы вместо поисковой системы общего назначения;

- новых возможностей поиска. Крупномасштабная поисковая система, такая как Yandex или Google, не может тратить много времени на обработку каждого отдельного запроса из-за их огромного количества. Метапоисковые системы не имеют такого ограничения и могут фокусироваться на решении специализированных задач поиска, ориентированных на узкую целевую аудиторию. Все это облегчает внедрение новых методов поиска, по-

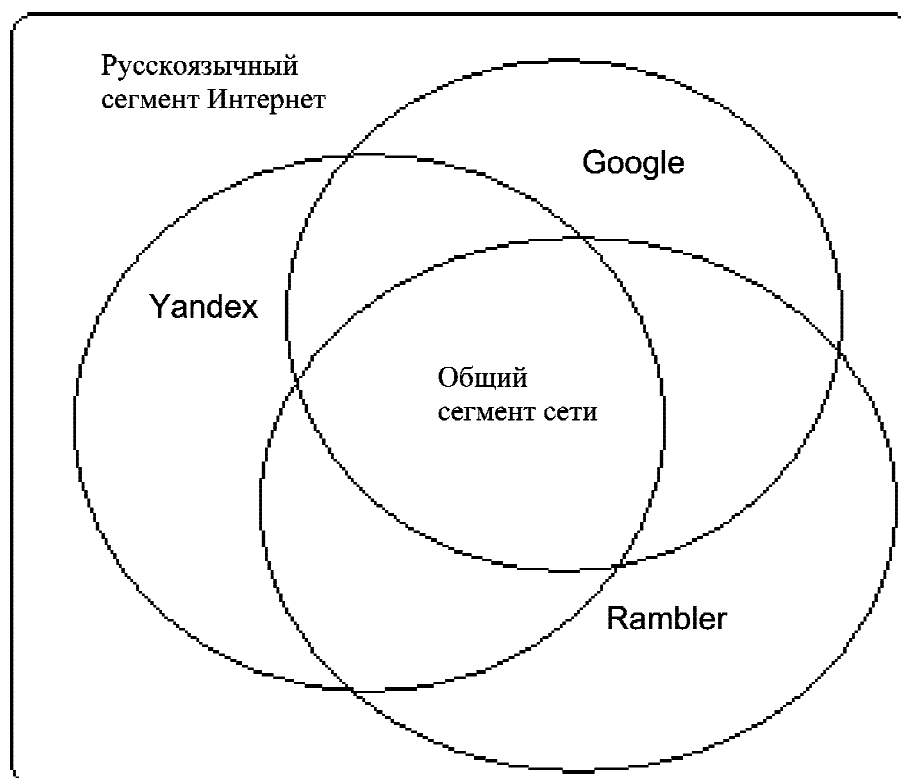


Рис. 4. Пример русскоязычного сегмента сети Интернет

скольку дает возможность проверить их эффективность без реализации полноценной поисковой системы.

При построении метапоисковых систем приходится решать ряд проблем. Так, языки запросов, используемые в разных поисковых системах, зачастую сильно отличаются, и поэтому необходим либо сильно упрощенный язык поиска для метапоисковой системы, либо модификация запросов для каждой конкретной поисковой системы. Другой проблемой является слияние ответов от различных поисковых систем. В этом вопросе исследователи поисковых систем пока не пришли к единому решению [3].

В основу работы агента отображения отклика системы заложены принципы обработки информации, полученной от всех предыдущих агентов. Вся информация делится на две группы: полученные информационные документы из корпоративной системы и из Интернета, а также информация о пользователе и его профиле. При анализе профиля выполняется анализ как краткосрочного профиля, так и долгосрочного, при этом также необходимо анализировать историю проведения поисковых процедур и самим пользователем, и группой (группами), к которой данный пользователь относится.

При отображении отклика системы очень важную роль играет механизм ранжирования полученной информации. Рассмотрим несколько подходов к ранжированию информации [4].

Алгоритм Клейнберга (HITS) основан на применении метода латентного семантического индексирования при ранжировании результатов, выдаваемых информационно-поисковыми системами, использующими принцип цитирования.

Алгоритм HITS обеспечивает выбор из информационного потока лучших авторов (первоисточников) и посредников (документов, от которых идут ссылки цитирования). Страница является хорошим посредником, если она содержит ссылки на ценные первоисточники, и наоборот, страница является хорошим первоисточником, если она упоминается хорошими посредниками.

Недостатки HITS следующие:

- отсутствие стабильности качества результатов HITS;
- алгоритм вычисления рангов HITS влечет рост рангов страниц при увеличении количества и степени связанности страниц соответствующего сообщества. В этом случае в результат может попасть много страниц на темы, не соответствующие информационной потребности пользователя, т. е., часть выдаваемых результатов, соответствующих требуемой теме, может оказаться не доминирующей. Это обуславливает присвоение высших рангов страницам на тему, не требуемую пользователем, т. е. происходит смещение тематики.

Алгоритм PageRank основан на том, что в отличие от литературного индекса цитирования не все ссылки считаются равнозначными. Этот алгоритм подсчитывает общий авторитет документа, в то время как алгоритм HITS определяет авторитет документа для конкретной темы.

Алгоритм PageRank был развит в 1996 г. в Стенфордском университете Л. Пейджем и С. Брином.

Этот алгоритм применяется в системе ранжирования, используемой в поисковой системе Google. Однако он

применяется не в чистом виде, а в модифицированном виде (Hilltop).

Недостатки алгоритма ранжирования Hilltop в Google следующие:

- он основывается на предположении, что каждый экспертный документ, который он находит, будет беспристрастен, свободен от спама и манипуляций;
- алгоритм старается выбирать страницы, за которые проголосуют как за авторитетные. Но нет никакой гарантии, что эти страницы также будут качественными;
- для его функционирования требуется значительная процессорная мощность;
- новые сайты или документы увеличивают сложность процесса ранжирования;
- поскольку большинство коммерческих сайтов весьма легко ссылаются на директории торговых ассоциаций, правительственные сайты, сайты образовательных учреждений, то такие сайты заполняют первую десятку по ранжированию на страницах результатов, что зачастую будет вести к некорректному результату.

В весовом алгоритме ранжирования текстовых сообщений ключевым словам из документов, выдаваемых информационно-поисковой системой, приписывается некоторый вес. Вес документа определяется как средний вес входящих в него значимых ключевых слов. Очевидно, что чем меньше этот вес, тем документ более уникален.

Ранжирование по Хиршу состоит в подсчете числа h публикаций одного автора, на которые имеется не менее h ссылок.

Этот метод был предложен Й. Хиршем в 2005 г. для оценки научных публикаций, чтобы обеспечить более высокую точность, и, что особенно важно, объективность по сравнению с получившим широкое распространение индексом цитирования.

Необходимо отметить, что разработчики алгоритмов ранжирования постоянно пытаются их совершенствовать, преследуя, как правило, две главные цели – улучшение качества поиска и уменьшение возможности искусственных воздействий на ранжирование результатов.

Таким образом, в статье дано описание предлагаемой авторами современной технологии организации запросов пользователей в сеть Интернет, которая может быть эффективно применена в КИУС. Данная технология позволяет повысить качество обработки запроса пользователя как в рамках корпоративного информационного пространства, так и при работе с Интернетом. Кроме того, эта технология существенно снижает внешний интернет-трафик за счет организации единой корпоративной браузерной системы с хранением и обработкой всей запрашиваемой пользователями информации.

Библиографический список

1. Мультилингвистическая технология поиска данных для подготовки и принятия решения в информационно-управляющих системах / П. В. Зеленков, П. М. Лохмаков, И. В. Ковалев, С. С. Огнерубов // Прогр. продукты и системы. 2007. № 2. С. 97–99.

2. Зеленков, П. В. Реализация модуля поиска информации на основе использования мультILINGвистических тезаурусов / П. В. Зеленков, М. В. Карасева // Вестник СибГАУ. 2009. Вып. 1 (22). С. 64–66.

3. Зеленков, П. В. Метапоисковая мультILINGвистическая система / П. В. Зеленков, М. В. Карасева,

И. Н. Карцан // Вестник СибГАУ. 2007. Вып. 3 (16). С. 69–70.

4. Зеленков, П. В. Модели и алгоритмы поиска и обработки информации в распределенных информационных системах : монография / П. В. Зеленков, И. В. Ковалев, В. В. Брезицкая. М. : Макс-пресс, 2008.

P. V. Zelenkov, M. A. Selivanova, V. V. Brezitskaya, A. P. Hoxhlov

INFORMATION REQUESTS PROCESSED MODULE FROM USERS IN THE INTERNET FOR CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

A modern technology of the user requests organization to the Internet in the corporate information systems is proposed. A structure of the module processing user requests consisting of agents: receiving requests, recognition of the user profile, recognition of the user request, compare model requests, information retrieval and display system response was proposed. The application of the proposed technology allows you to reduce significantly the external Internet traffic.

Keywords: corporate information systems, Internet, user network, system structure, user request.

© Зеленков П. В., Селиванова М. А., Брезицкая В. В., Хохлов А. П., 2009

УДК 658.512.001.56

Т. А. Рукавицына

РАЗВИТИЕ МОДЕЛИ МЕТОДОЛОГИИ DEA

Рассмотрен метод DEA (Data Envelopment Analysis) и его модификация. Введено понятие границы отставания. Исследовано пересечение границы отставания и границы эффективности, получаемой по методу DEA. Построена гиперплоскость, проходящая через пересечение двух границ и делящая множество объектов на два класса.

Ключевые слова: DEA, эффективность, граница эффективности.

Проблема оценки эффективности функционирования предприятий очень остро встает в последние годы во многих сферах производства и сбыта продукции. Часто возникают задачи сравнения между собой и упорядочивания структурных подразделений и предприятий или организаций в целом по некоторому свойству, не поддающемуся непосредственному измерению [1]. При этом общее представление о степени проявления анализируемого латентного свойства складывается в результате определенного суммирования целого ряда частных (и поддающихся измерению) характеристик, от которых в конечном счете зависит это свойство. Несомненно, главным понятием здесь является понятие эффективности как наиболее общего, определяющего свойства любой целенаправленной деятельности, которое с познавательной точки зрения раскрывается через категорию цели и объективно выражается степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени. Поэтому оценка эффективности функционирования предприятий и организаций является очень важной для принятия верных управленческих решений.

В данной статье мы будем рассматривать метод DEA (Data Envelopment Analysis) основанный на построении

границы эффективности. Эта граница имеет форму выпуклой оболочки и используется в качестве эталона (точки отсчета) для получения численного значения оценки эффективности каждого из объектов в исследуемой совокупности.

По аналогии с границей эффективности можно ввести понятие границы отставания. Эта граница будет использоваться в качестве эталона для получения численного значения оценки отставания (убыточности) каждого из объектов. На пересечении двух границ будет построена гиперплоскость, разделяющая совокупность объектов на два класса.

Метод Data Envelopment Analysis. Данный метод представляет способ оценки производственной функции, которая неизвестна. Метод DEA основан на построении границы эффективности, которая и является аналогом производственной функции для случая, когда выпуск является не скалярным, а векторным, т. е. когда выпускается несколько видов продукции. Эта граница имеет форму выпуклой оболочки или выпуклого конуса в пространстве входных и выходных переменных, описывающих каждый объект в исследуемой совокупности. Из названия метода следует, что граница эффективности как бы опи-

бают, или обертывает точки, соответствующие исследуемым объектам в многомерном пространстве (англ. *envelopment* – обертывание). Степень эффективности объектов определяется степенью их близости к границе эффективности в многомерном пространстве входов-выходов. Способом построения границы эффективности является многократное решение задачи линейного программирования.

Поясним основную идею метода DEA на примере процесса производства одного вида продукции y из двух видов ресурсов x_1 и x_2 [2].

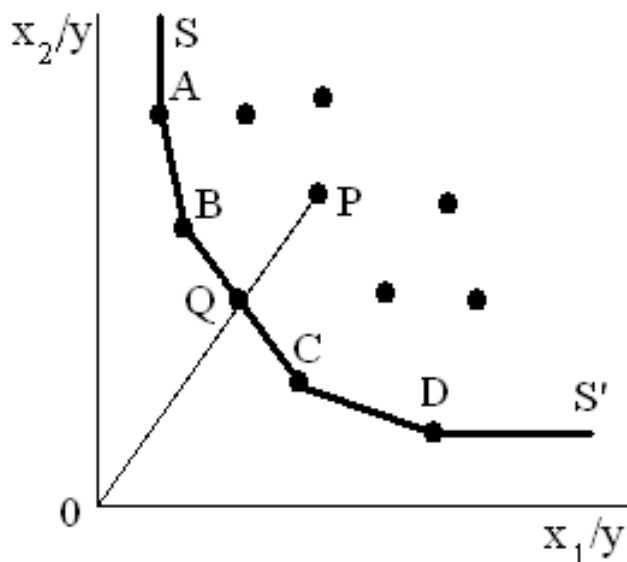


Рис. 1. Технология производства с двумя входами и одним выходом

Если считать эффект масштаба постоянным, то можно использовать двухмерный график, по осям координат которого отложены удельные затраты ресурсов, т. е. объемы ресурсов x_1 и x_2 в расчете на единицу выпускаемой продукции. В результате будет получена единичная изокванта (рис. 1).

Пусть объект (фирма) P использует ресурсы в объемах, соответствующих точке P на рис. 1. Тогда его техническая (технологическая) неэффективность будет выражаться длиной отрезка QP . Точка Q является проекцией точки P на границу эффективности, при этом проецирование производится по направлению к началу координат. Длина отрезка QP представляет собой величину, на которую могут быть пропорционально сокращены объемы затрат ресурсов x_1 и x_2 без уменьшения объема выпуска y . Такой подход к определению эффективности называется ориентированным на вход (*input-oriented*). Тогда техническая эффективность объекта (фирмы) P будет определяться таким образом:

$$TE_P = \frac{OQ}{OP}.$$

Точки A , B , C и D на рис. 1 являются эффективными, поэтому на их основе и будет сформирована граница эффективности. Точка P не лежит на границе неэффективности, следовательно она не является эффективной.

Проецирование точек, соответствующих неэффективным объектам, на границу эффективности считается пра-

вомерным, исходя из принципа: если объект A способен произвести определенный объем выпуска из определенного объема ресурсов, то и объект B также должен быть способен произвести такой же объем выпуска из такого же объема ресурсов.

Известно, что значение технической эффективности не может превышать единицы. При проецировании неэффективного объекта на границу эффективности для него формируется целевой гипотетический объект, который является эффективным. Этот объект в математическом смысле представляет собой линейную комбинацию реальных эффективных объектов (под реальным объектом в данном случае подразумевается точка в многомерном пространстве). Число объектов, входящих в эту комбинацию, зависит от ряда факторов, в том числе от количества входных и выходных переменных, описывающих объекты, и от значений этих переменных. Значения входных и выходных переменных целевого объекта и служат целями для неэффективного объекта.

Рассмотрим еще один пример использования метода DEA. Пусть имеются данные для K входных и M выходных параметров для каждого из N однородных объектов (такими объектами могут быть, например, фирмы, банки и т. д.) [4]. Для i -го объекта они представлены векторами-столбцами x_i и y_i соответственно. Тогда матрица X размерности $K \times N$ и матрица Y размерности $M \times N$ представляют собой матрицы входных и выходных параметров для всех N объектов. Модель формулируется в виде задачи линейного программирования в такой форме:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ -y_i + Y\lambda & \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \lambda & \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где θ – скаляр; λ – вектор констант размерности $N \times 1$. Значение θ , полученное при решении задачи, будет мерой эффективности i -го объекта. При этом эффективность не может превышать единицы. Аналогичная задача решается N раз, т. е. для каждого объекта.

Модель (1) построена в предположении постоянного эффекта масштаба и в результате ее N -кратного решения формируется граница эффективности в виде выпуклого конуса. Коническая форма границы эффективности обусловлена тем, что в модели (1) нет ограничения на сумму элементов вектора λ , такого как $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$.

Поясним смысл вектора λ . Из выпуклого анализа известно, что каждая точка, принадлежащая выпуклому конусу, натянутому на некоторое множество точек, может быть представлена в виде неотрицательной линейной комбинации этих точек, т. е. в виде $(X\lambda, Y\lambda)$. Часть элементов вектора λ имеет ненулевые значения. Эти элементы соответствуют тем объектам, которые являются эталонными для оцениваемого объекта. Линейная комбинация эталонных объектов образует гипотетический объект, находящийся на границе эффективности и являющийся проекцией реального неэффективного объекта. В ситуации, представленной на рис. 1, эталонами для объекта P являются объекты B и C , поэтому

$$\lambda_B \neq 0, \lambda_C \neq 0, \lambda_A = 0, \lambda_D = 0.$$

Те объекты, для которых значение показателя эффективности θ оказалось равным единице, находятся на границе эффективности. Для объектов, у которых показатель эффективности θ оказался меньше единицы, могут быть выданы рекомендации, заключающиеся в выведении таких объектов на границу эффективности за счет пропорционального сокращения объемов затрачиваемых ими ресурсов при сохранении значений выходных переменных на прежнем уровне. Поэтому модель (1) называется моделью, ориентированной на вход. Рекомендуемые значения входных переменных рассчитываются по формуле

$$x_i^{\text{рек}} = \theta x_i,$$

где θ – показатель эффективности i -го (неэффективного) объекта; x_i – вектор значений входных переменных для i -го объекта.

Представим модель, аналогичную модели (1), но построенную в предположении переменного эффекта масштаба:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ -y_i + Y\lambda & \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i & = 1, \\ \lambda & \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

При решении этой задачи формируемая граница эффективности имеет форму выпуклой оболочки, поскольку вследствие наложения условия $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$ гипотетические объекты $(X\lambda, Y\lambda)$ равны выпуклой линейной комбинации эффективных точек (рис. 2).

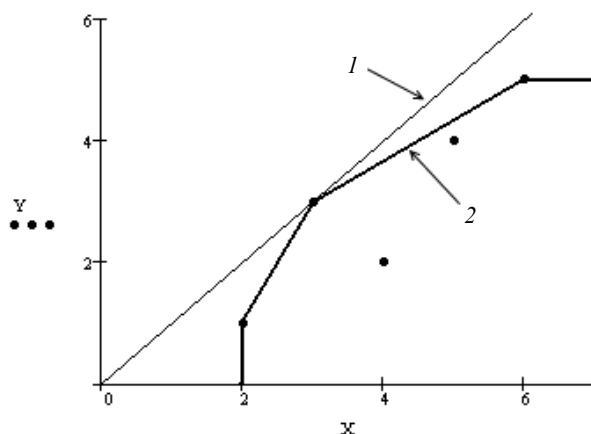


Рис. 2. Модель, построенная в предположении постоянного эффекта масштаба (1), и модель, построенная в предположении переменного эффекта масштаба (2), для одной и той же совокупности объектов

Граница отставания и разбиение выборки на два класса. Рассмотрим модель метода DEA, построенную в предположении переменного эффекта масштаба (2).

Граница эффективности огибает точки, соответствующие эффективным объектам. Теперь построим такую же границу, но наоборот. Назовем ее границей отставания (убыточности). Граница отставания будет показывать

убыточные или отстающие от основной части выборки объекты.

По аналогии с [2] возьмем отношение всех входов ко всем выходам для i -го объекта $\frac{v'x_i}{u'y_i}$, где u – вектор весов для выхода размерности $M \times 1$; v – вектор весов для входа размерности $K \times 1$. Чтобы выбрать оптимальные веса, сформулируем задачу математического программирования:

$$\begin{aligned} \max_{u, v} & \left(\frac{v'x_i}{u'y_i} \right), \\ \frac{v'x_j}{u'y_j} & \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\ u, v & \geq 0. \end{aligned}$$

Это потребует нахождения таких значений u и v , чтобы мера отставания (убыточности) i -го объекта была максимальной при условии, что ограничение должно быть меньше или равно единице. Тогда возникает проблема, связанная с особенностью формулировки задачи, которая приводит к бесконечному множеству решений. Чтобы избежать этого, можно наложить ограничение.

Введем ограничение $u'y_i = 1$ и получим:

$$\begin{aligned} \max_{\mu, v} & (v'x_i), \\ \mu'y_i & = 1, \\ v'x_j - \mu'y_j & \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\ \mu, v & \geq 0. \end{aligned}$$

Найдем двойственную к ней задачу:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ \theta y_i - Y\lambda & \geq 0, \\ -x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \lambda & \geq 0. \end{aligned}$$

Добавим ограничение на сумму элементов вектора λ : $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$. Тогда модель границы отставания будет

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ \theta y_i - Y\lambda & \geq 0, \\ -x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N \lambda_i & = 1, \\ \lambda & \geq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где θ – мера отставания (убыточности) объекта. Если $\theta = 1$, то этот объект формирует границу отставания и является отстающим. Показатель θ принимает значения от 0 до 1.

Графики границы эффективности и границы отставания (рис. 3) показывают, что обе границы пересекаются в двух точках. Через их пересечение можно провести прямую, разделяющую множество объектов на два класса. Первый класс (I) – это эффективные или нормальные объекты, второй класс (II) – отстающие объекты (рис. 4).

Если распространить рассмотрение на многомерный случай, когда имеются несколько входов и несколько выходов, то разделяющей поверхностью будет гиперплоскость.

Таким образом, в данной статье был рассмотрен метод DEA, предложена и построена граница отставания, а также представлено разбиение множества объектов на два класса, что облегчает ЛПР классификацию объектов, так как предполагает существование всего двух классов: плохого и хорошего. Это удобно, когда выборка объектов достаточно велика. Если ЛПР требуется точное количественное значение эффективности, то он получает это решение из прямого решения задачи по методу DEA.

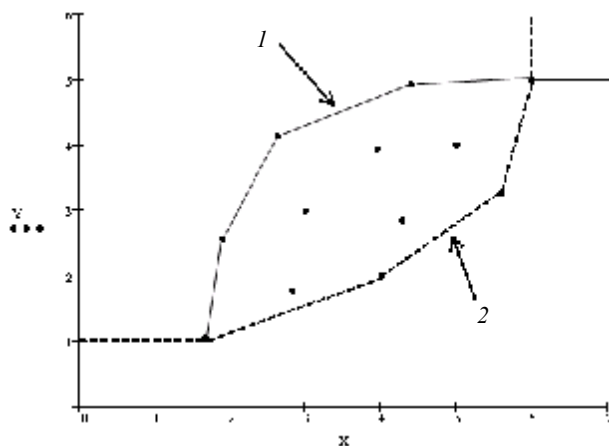


Рис. 3. Графики границы эффективности (I) и границы отставания (II)

Библиографический список

1. Моргунов, Е. П. Многомерная классификация на основе аналитического метода оценки эффективности сложных систем / Е. П. Моргунов ; НИИ систем упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2003.
2. Coelli, T. An introduction to efficiency and productivity analysis / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1998.

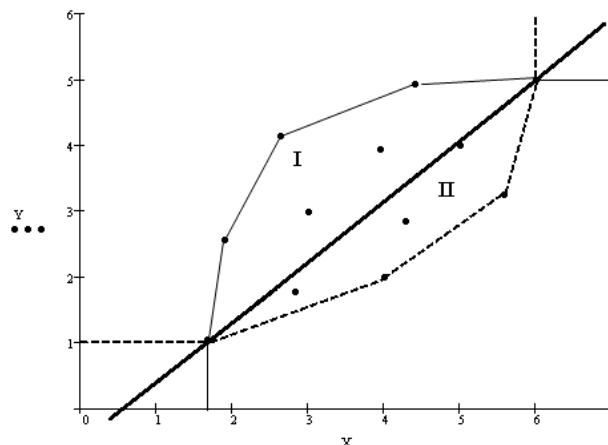


Рис. 4. Классы объектов, полученные разбиением совокупности объектов с помощью разделяющей прямой

Т. А. Рукавицына

MODEL DEVELOPMENT OF THE DEA METHOD

DEA (Data Envelopment Analysis) method and its modification are considered. An inefficient frontier is suggested to be introduced. The intersection of the efficient frontier and inefficient frontier are investigated. A hyper plane going through the intersection of both frontiers is constructed to divide the sample into two classes.

Keywords: DEA, efficiency, efficient frontier.

© Рукавицына Т. А., 2009

УДК 681.34

А. А. Ступина, Е. С. Разгулина

GERT-АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Предложено использовать аппарат сетевого анализа, включая GERT-анализ, для решения задач оптимизации формирования технологических циклов управления (ТЦУ).

Ключевые слова: GERT-сети, GERT-анализ, ациклическая сетевая модель технологических циклов управления, оптимизационная модель, вероятностные характеристики ТЦУ, время реализации ТЦУ.

Решение задачи формирования технологических циклов управления (ТЦУ) связано в первую очередь с необходимостью обеспечить взаимодействие с объектом (космическим аппаратом) в соответствии с временными циклограммами в режиме реального времени. Более простая форма режима реального времени предполагает лимитирование

времени ответа центра управления полетами (ЦУП) на запрос от объекта. Ограничения на время реакции связываются в этом случае с выполнением периодических действий в рамках технологического цикла управления.

Естественной математической интерпретацией распределенных, асинхронных, мультипроцессорных и мульт-

типрограммных систем являются сетевые модели, которые позволяют отражать распределенность структуры, сетевой характер взаимосвязей между процессами и ресурсами, аппаратными и программными компонентами средств управления. В связи с этим для решения задач оптимизации формирования ТЦУ целесообразно привлекать аппарат сетевого анализа, включая GERT-анализ (GERT – аббревиатура от *graphical evaluation and review technique*). В последнее время GERT-сети получают все большее распространение для моделирования и оптимизации технических систем, к числу которых можно отнести ТЦУ космических аппаратов.

Общность методов построения моделей ТЦУ для анализа и проектирования, выражающаяся в использовании сетевых моделей, позволяет создать единые инструментальные средства оптимизации формирования ТЦУ.

Сетевое представление ТЦУ открывает широкие возможности для использования в моделях анализа реализуемости циклограмм математического аппарата, учитывающего вероятностную интерпретацию. Одна из таких возможностей связана с введением неопределенности в продолжительность реализации задач ТЦУ (аналогично использованию PERT-методики в сетевом анализе). Однако такая модель представляет собой типичную детерминированную сеть, для полного выполнения которой необходимо выполнение всех дуг, т. е. безоговорочное выполнение соответствующих операций ТЦУ. Из этого условия следует, что в такую модель не могут быть включены операции с обратной связью, поскольку они представлены петлями, существование которых в свою очередь означает, что конечный узел операции должен быть выполнен раньше ее начального узла.

Одним из путей оптимизации формирования ТЦУ является использование GERT-анализа, который позволяет учесть риск изменения состава задач при наступлении определенных событий или по результатам выполнения предшествующих задач. Возможность применения GERT-анализа также связана с использованием сетевых моделей со стохастической структурой, так как нередко именно они оказываются наиболее гибкими и полезными.

Согласно [1], узлы стохастической сети могут быть интерпретированы как состояния процесса, а дуги – как переходы из одного состояния в другое. Такие переходы можно рассматривать как реализацию обобщенных задач ТЦУ, характеризующих плотностью распределения, или функцией массы, и вероятностью выполнения. В результате получается стохастическое графовое представление ТЦУ, где узлы являются входом и выходом для очередной задачи, а дуги характеризуют время выполнения реальной технологической операции.

Каждый внутренний узел стохастической сети выполняет две функции, одна из которых касается входа в узел, а другая – выхода. Обычно эти функции называют входной и выходной.

В [1] определен следующий тип входной функции: узел выполняется, если выполнена дуга, входящая в него, при условии, что в заданный момент времени может выполняться только одна дуга.

Для выхода там же определены два типа выходной функции: детерминированный выход и вероятностный

выход. Для детерминированной выходной функции характерна ситуация, когда все дуги, выходящие из узла, выполняются, если этот узел выполнен. У вероятностной выходной функции ровно одна дуга, выходящая из узла, выполняется, если узел выполнен. Выбор такой дуги может быть описан с помощью функции распределения вероятностей.

При анализе реализуемости ТЦУ стохастическая сеть определяется как сеть, которая работает только при выполнении некоторого подмножества дуг, при этом время выполнения каждой дуги (задачи ТЦУ) выбирается в соответствии с вероятностным распределением. В такой стохастической сети для выполнения узла нет необходимости в выполнении всех дуг, входящих в него. Поэтому в такой модели допускается существование циклов и петель.

Для более наглядного представления детерминированного случая можно обратиться к простому ациклическому детерминированному ТЦУ, который имеет GERT-подобную узловую логику. Такая модель соответствует сети для проектирования (решения) ТЦУ. Это указывает на то, что осуществляется выбор, т. е. принимается решение о том, какие задачи ТЦУ должны быть выполнены для минимизации некоторой целевой функции. Для учета вероятностных характеристик реализации ТЦУ вводится понятие случайных акций и рассматривается возможность многократной последовательной реализации ТЦУ до момента успешного завершения.

Пусть N – ациклическая сетевая модель ТЦУ с источниками и стоками (действия, соответствующие задачам ТЦУ, представляются дугами), где множество узлов обозначается V , а множество дуг – E . Предположим, что N имеет только один исток, который обозначается через r и соответствует началу рассматриваемого ТЦУ. Также предположим, что один из стоков N представляет собой успешное завершение ТЦУ. Обозначение этого стока – s . Оставшиеся стоки, если они есть, могут представлять собой различные виды неудачного завершения или прерывания процесса управления.

Определение 1. Ациклическую сетевую модель ТЦУ $N(V, E)$ только с одним истоком и со стоками назовем сетью для проектирования (решения) ТЦУ, если каждый узел i из N определен через входную характеристику $CH_i \in \{0, 1, \dots, |P(i)|\}$ и выходную характеристику $CH_i^+ \in \{0, 1, \dots, |S(i)|\}$, где множество узлов обозначается V , а множество дуг – E ; $|P(i)|$, $|S(i)|$ – мощность множества предшественников и последователей узлов i соответственно. Эти характеристики, формирующие узловую логику, имеют следующие значения:

- узел активируется сразу же, как только входные действия CH_i завершаются;
- как только узел i активирован, то не более CH_i^+ выходных действий начинает выполняться. Если узел i не активируется, то ни одно выходное действие не выполняется. Иногда уместно заменить сочетание «не более» на «точно».

Два условия из определения 1 подразумевают, что каждое действие выполняется сразу как только это становится возможным.

Для источника r полагаем $CH_r = 0$, т. е. он всегда активирован. Кроме того, $CH_i^+ = 0$ для $i \in S$, где S – множество стоков N .

Заметим, что если $CH_i^+ = 1$, то узел i имеет OR-вход, а если $CH_i^- = |P(i)|$, то тогда i имеет AND-вход. И если в определении 1б «не более» заменяется на «точно», то $CH_i^+ = 1$ соответствует вероятностному выходу, а $CH_i^+ = |S(i)|$ – детерминированному выходу. Если же заданная сеть N для формирования ТЦУ имеет множество источников R ($|R| > 1$) и множество $R' \cap R, R' \neq \emptyset$ активизируется в начале выполнения ТЦУ, то можно формально перевести N в соответствующую одноисточковую сеть.

Дуговые переменные обозначаются через w_{ij} , при этом полагается, что $w_{ij} = 1$, если (i, j) выполняется ($(i, j) \in E$), и $w_{ij} = 0$ в противном случае. Узловые переменные $u_i = 1$ ($i \in V$), если i активизируется, иначе $u_i = 0$, где $u_r = 1$, т. е. источник всегда активизируется. Тогда условия узловой логики, введенные в определении 1, могут быть представлены в следующем виде:

$$\sum_{k \in P(i)} w_{ki} \geq CH_i^+ u_i; (i \in V \setminus \{r\}), \quad (1)$$

$$\sum_{k \in P(i)} w_{ki} < CH_i^- + M_i u_i; (i \in V \setminus \{r\}), \quad (2)$$

где $M_i > |P(i) - CH_i^-|$,

$$\sum_{j \in S(i)} w_{ij} \leq CH_i^+ u_i; (i \in V \setminus S). \quad (3)$$

Так как решающая модель ациклична, то каждая задача соответствующего ТЦУ либо выполняется только один раз, либо не выполняется вообще. Таким образом, каждая реализация ТЦУ может быть соотнесена с множеством выполняемых задач ТЦУ или с функцией $w: E \rightarrow \{0, 1\}$; $((i, j) \in E)$, значения которой задаются как $w((i, j)) = w_{ij} = 1$, если (i, j) выполняется, и 0, если иначе.

С другой стороны, если некоторая w -я реализация ТЦУ задана, то как узловые, так и дуговые переменные для этого случая специфицированы и можно говорить о допустимой реализации ТЦУ, если w удовлетворяет условиям узловой логики. Тогда $e = \{w: E \rightarrow \{0, 1\} \mid w_{ij} \text{ удовлетворяет условиям (1)–(3); } (i, j) \in E\}$ и e – множество всех допустимых реализаций ТЦУ.

Если в решающей сети для формирования ТЦУ обозначить вес дуги $(i, j) \in E$ как длительность $d_{ij} \in R_+$ соответствующей задачи ТЦУ, то d_w – длительность w -й реализации ТЦУ, т. е. время, требуемое для исполнения всех задач (i, j) при $w_{ij} = 1$. Необходимо минимизировать d_w при условиях: w активизирует s ; ($w \in e$). Через $\varepsilon^* = \{w \in e \mid w \text{ активизирует } s\}$ обозначим множество успешных реализаций ТЦУ. Для $\varepsilon^* \neq \emptyset$ $d^* = \min_{w \in \varepsilon^*} d_w$ соответствует минимальному значению целевой функции задачи.

Приняв, что каждая реализация ТЦУ начинается с задерживания истока r в момент 0, считаем для $w \in e$, что t_j^w есть время активации узла $j \in V$ для w -й реализации, причем $t_r^w = 0$ и $t_j^w = \infty$, если j не активизируется в течение w -й реализации ТЦУ. Для $j \in V \setminus \{r\}$ имеем $t_j^w = \min \{t \geq 0 \mid \text{существуют } CH_j^-, \text{ отличные от } i \in P(j) \text{ и такие, что } w_{ij} = 1 \text{ и } t_j^w + d_{ij} \leq t\}$.

Кроме того, справедливо $d_w \geq t_s^w \forall w \in \varepsilon^*$. Тогда $d_w > t_s^w$, если сток s активизируется, пока некоторые действия (i, j) при $w_{ij} = 1$ все еще выполняются. Так как $t_j^e = \min_{w \in \varepsilon^*} t_j^w$ – самое раннее из возможных времен задерживания узла j в течение какой-либо возможной реализации ТЦУ, то

$$t_s^e = \min_{w \in \varepsilon^*} \max_{(i, j) \in E} \{(t_i^w + d_{ij}) w_{ij}\},$$

$$E_w = \{(i, j) \in E \mid w_{ij} = 1\},$$

где E_w – множество задач, выполняемых в течение w -й реализации ТЦУ.

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что минимальная длительность успешной реализации ТЦУ равна самому раннему моменту задерживания стока s : $d^* = t_s^e$ для $\varepsilon^* \neq \emptyset$. Таким образом, можно найти величину d^* , вычисляя минимально возможные моменты задерживания t_s^e ($j \in V$).

Рассматривая моменты t_i как компоненты вектора временной развертки (ВВР) ТЦУ, которые удовлетворяют условию $(t_j - t_i - d_{ij}) w_{ij} \geq 0$, $(i, j) \in E$; $t_i \geq 0$, $i \in V \setminus \{r\}$; $t_r = 0$, можно утверждать, что для некоторой w -й реализации ТЦУ ($w \in \varepsilon^*$) моменты t_i^w отвечают этим ограничениям, а самые ранние моменты t_i^e удовлетворяют им для соответствующей минимальной $w \in \varepsilon^*$. Соответствующая оптимизационная задача имеет вид: минимизировать $\max_{(i, j) \in E} \{(t_i^w + d_{ij}) w_{ij}\}$ при выполнении условий (1)–(3) и ограничений ВВР ($u_s = 0$).

По сравнению с минимизацией затрат на выполнение ТЦУ здесь имеются не только добавочные ограничения, но и более сложная целевая функция. Кроме того, дополнительно к узловым и дуговым переменным существуют моменты t_i ; ($i \in V$), которые также являются переменными данной оптимизационной задачи.

С учетом алгоритмически заданных ограничений для вектора временной развертки разработаны процедуры для этапа анализа реализуемости и коррекции ТЦУ, который соответствует общей задаче различимости и включает исследование совместных свойств процессов управления и аппаратно-программных средств с заданным вектором реализации. Согласно этим процедурам, необходимо многократно повторять последовательные этапы оптимизации целевого функционала, а при выборе оптимальной по времени реализации ТЦУ следует учитывать состав программно-аппаратных средств системы. Общая аналитико-оптимизационная процедура, кроме этапа анализа и коррекции, включает такие шаги, как выбор для заданного ТЦУ (или совокупности ТЦУ) оптимального состава мультиверсий для программных модулей с применением приближенных методов, метод критического пути для субоптимальной по времени реализации ТЦУ и точной оптимизации ВВР. Оптимизационные модели формирования мультиверсионного программного обеспечения (ПО) реализации ТЦУ включают как надежные постановки задач для одно- и многофункциональных программных систем, так и многокритериальные постановки.

Отметим, что в рамках разработанной интерактивной системы формирования ТЦУ между всеми этапами решения задачи организован диалоговый интерфейс, который предоставляет пользователю (специалисту по технологии управления) достаточную информацию для принятия решения, причем система способна к расширению. Кроме того, обеспечен стохастический анализ ТЦУ для нахождения математического ожидания и стандартного отклонения директивного времени на реализацию ТЦУ в условиях неопределенности. Для сложного процесса, которым является технологический цикл, директивное время рассматривается как случайная величина с конечным

математическим ожиданием и дисперсией, описанная подходящей функцией распределения. Для получения дисперсионных оценок необходимы некоторые предположения, касающиеся стохастических характеристик каждого элемента структуры ТЦУ (задач обработки информации и управления) в стандартных и, если необходимо, нештатных ситуациях. Такое описание задач ТЦУ по сравнению со случаем, когда заданы только временные характеристики, является более сложным, но, очевидно, более точным.

Процедура, используемая для анализа вероятностных характеристик ТЦУ, базируется на стохастических сетях типа GERT и совмещает теорию потоков в графах, функции генерации момента и PERT-анализ для получения результата. Стохастическое представление ТЦУ в виде GERT-сети позволяет получить достаточное количество полезной информации о временных характеристиках реализации ТЦУ. Используя неравенство Чебышева, можно показать пределы, в которых будет изменяться фактическое время реализации ТЦУ, а также получить более сильные утверждения. Кроме того, если реальный показатель не соответствует этим оценкам, то строится ряд критериев для проверки гипотез, позволяющих определить перспективные характеристики времени реализации ТЦУ.

Рассмотренная GERT-модель является своеобразной альтернативой традиционным методам определения директивных времен реализации ТЦУ, поскольку система моделей позволяет учесть случайные отклонения и неопределенность, возникающие непосредственно во время выполнения каждой отдельной задачи ТЦУ. Следовательно, в полученный результат уже включены все случайные колебания и нет необходимости вносить в него дополнительные поправки, не считая тех, которые соответствуют нештатным ситуациям или авариям.

Анализ моделей формирования ТЦУ показывает, что они имеют, как правило, алгоритмически заданный критерий, а часто – и ограничения. Очевидно, что при такой постановке задачи имеет смысл говорить только об эвристических процедурах случайного поиска.

Формально указанные оптимизационные модели могут быть сведены к задаче псевдобоулевой оптимизации вида

$$F(\mathbf{X}) \rightarrow \text{extr}, \quad \mathbf{X} \in S, \quad (4)$$

$$S = \left\{ X \in B_2^n : \sum_{j=1}^n x_j = m, m < n \right\}, \quad (5)$$

на решение которой ориентированы алгоритмы метода изменяющихся вероятностей (МИВЕР) [2].

Алгоритмы МИВЕР не укладываются в традиционную схему алгоритмов случайного поиска для непрерывной оптимизации, которая в общем случае включает два этапа:

– первый этап – в соответствии с некоторым правилом и вероятностным распределением на множестве всех возможных направлений поиска случайным образом выбирается одно из направлений;

– второй этап – по заданному алгоритму выбирается длина шага перемещения поиска в выбранном направлении.

Для реализации этой схемы в пространстве булевых переменных необходимо определить понятия направления в B_2^n .

Определим инверсию p_i ($1 \leq i \leq n$) как подстановку на множестве B_2^n . И пусть $X, Y \in B_2^n$. Тогда направлением $K(X, Y) \subseteq B_2^n$ назовем множество таких точек $Z \in B_2^n$, которые можно представить в виде

$$Z = \pi_{i_1} \cdot \pi_{i_2} \cdot \dots \cdot \pi_{i_k} X,$$

где $\pi_{i_m} \in W(X, Y)$, $W(X, Y) = \{\pi_{i_1}, \pi_{i_2}, \dots, \pi_{i_k}\}$, такое, что

$$Y = \pi_{i_1} \cdot \pi_{i_2} \cdot \dots \cdot \pi_{i_k} X \quad (k \leq n).$$

В соответствии с этим определением для любой точки $X \in B_2^n$ существует $(2^n - 1)$ направлений, каждое из которых однозначно определяется любой точкой $Y \in B_2^n$ либо множеством $W(X, Y)$. Длину шага по направлению $K(X, Y)$ определяем, используя метрику Хэмминга.

Для введенных таким образом понятий направления и длины шага общая схема построения алгоритмов направленного поиска выглядит следующим образом.

1. Случайным образом выбирается начальная точка поиска X^0 . В соответствии с заданным алгоритмом выбирается точка Y и формируется множество инверсий $W(X^0, Y)$, определяющих выбираемое направление.

2. По заданному правилу определяется длина шага $l \leq \text{card}(W(X^0, Y))$. Формируется множество инверсий $W(X^0, Z) \subseteq W(X^0, Y)$, $\text{card}(W(X^0, Z)) = l$. Осуществляется переход в точку

$$Z = \pi_{i_1} \cdot \pi_{i_2} \cdot \dots \cdot \pi_{i_l} X^0, \pi_{i_j} \in W(X^0, Z).$$

Критерием остановки работы алгоритма, как и при случайном поиске на множестве R^n , может быть ограничение по числу итераций, определение точки локального минимума и т. п. Предложенная схема четко подразделяется на два этапа: определение направления поиска и выполнение шага в выбранном направлении.

Приведенные выше процедуры направленного случайного поиска были реализованы программно и прошли апробацию при решении задач формирования ТЦУ. Численные результаты показали, что в ряде случаев алгоритмы направленного поиска позволяют получить лучшие результаты по сравнению с алгоритмами МИВЕР.

Регулярные процедуры в отличие от рассмотренных рандомизированных гарантируют получение точного решения и позволяют априори оценить трудоемкость его получения, тем более что анализ оптимизационных моделей показывает, что в ряде случаев критерии и ограничения задаются явно и, более того, целевые функции являются сепарабельными. В первую очередь это касается задач формирования мультиверсионного ПО.

Сепарабельные псевдобоулевые функции определяются следующим образом:

$$f(X) = f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{1 \leq j \leq n} g_j(x_j),$$

где $f: B_2^n \rightarrow R^1$.

Оценкой сверху числа необходимых вычислений значений целевой функции, когда поиск начинается в точке $(1, \dots, 1)$ (самой дальней от минимума), будет $n^2 - n + 2$ вычислений, а оценкой в среднем (по выбору начальной точки поиска) будет величина $(n^2 + 4)/2 - 1/2^n$. Данные оценки позволяют сравнить эффективность локального поиска на классе сепарабельных псевдобоулевых функций с эффективностью других подходов, например эволюционных алгоритмов.

Рассмотренный выше алгоритм локального поиска реализует информационную сложность класса слабо немонотонных псевдобулевых функций. При оптимизации произвольных функций, в том числе и унимодальных, он не дает никаких гарантий за исключением полного перебора.

Библиографический список

1. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсия-Диаз. М. : Мир, 1984.
2. Kovalev, I. Optimization Problems when Realizing the Spacecrafts Control / I. Kovalev // *Advances in Modeling and Control*. 1998. Vol. 52, № 1, 2. P. 63–70.

A. A. Stupina, E. S. Razgulina

GERT-ANALYSIS OF THE TECHNICAL CONTROL CYCLES FORMATION FOR SPACE CRAFTS

In this paper authors recommend to use network analysis method (including GERT analysis) to optimize formation of technical control cycles (TCC).

Keywords: GERT-networks, GERT-analysis, acyclic network model for TCC, optimization model, TCC relative parameters, time for TCC accomplishment.

© Ступина А. А., Разгулина Е. С., 2009

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MATHCAD ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ПО МЕТОДИКЕ ТЕОРЕМЫ ГИПОТЕЗ

Рассмотрено применение теоремы гипотез в технических приложениях диагностирования на примерах авиационной техники. Представлен алгоритм и пример решения в среде программного обеспечения MathCad.

Ключевые слова: авиационная техника, техническое диагностирование, распознавание, диагностический признак, исправность, неисправность.

Авиационная техника представляет собой сложную совокупность систем, узлов и элементов, оказывающих взаимное влияние друг на друга. Это приводит к тому, что процесс функционирования изделия очень трудно описать формализованно, четко установив взаимовлияние их составных частей. Кроме того, большинство параметров, характеризующих работу отдельных систем, узлов и элементов, имеют определенное поле допусков и подвержены влиянию большого числа факторов, учесть которые в полном объеме достаточно трудно. Все это приводит к тому, что решение задачи технического диагностирования изделия в целом значительно затруднено, а порой и нереально.

Отказы или неисправности устраняются на земле. Как показывает практика, большая часть времени тратится на поиск причины неисправности. Для решения этой проблемы применяются методы распознавания, которые подразделяются на вероятностные и детерминистические.

При *вероятностных методах* распознавания требуется построить решающее правило, с помощью которого по имеющейся совокупности признаков объект был бы отнесен к одному из возможных состояний.

При *детерминистических методах* распознавания задача формируется на геометрическом языке и сводится к разделению пространства признаков на области состояний (диагнозов).

Среди вероятностных методов наиболее часто используется теорема гипотез, одним из выражений которой является формула Байеса.

Если имеется состояние S_i и простой признак k_j , встречающийся при этом диагнозе, то вероятность совместного появления событий (наличие у объекта состояния S_i и признака k_j) будет

$$P(S_i / k_j) = P(S_i) P(k_j / S_i) = P(k_j) P(S_i / k_j). \quad (1)$$

Из этого равенства вытекает формула Байеса:

$$P(S_i / k_j) = P(S_i) \frac{P(k_j / S_i)}{P(k_j)}. \quad (2)$$

Прежде чем перейти к преобразованию формулы Байеса, определимся с ее составляющими: $P(S_i)$ – вероятность появления состояния S_i , определяемая по выражению с использованием статистических данных:

$$P(S_i) = N_i / N. \quad (3)$$

$P(k_j / S_i)$ – вероятность проявления признака k_j у объектов с состоянием S_i . Если среди N_i объектов, находящихся в состоянии S_i , у N_{ij} проявился признак k_j , то

$$P(k_j / S_i) = \frac{N_{ij}}{N_i}. \quad (4)$$

Вероятность отсутствия признака k_j у изделий с состоянием S_i равна

$$P(\bar{k}_j / S_i) = 1 - P(k_j / S_i). \quad (5)$$

$P(k_j)$ – вероятность появления признака k_j во всех объектах независимо от состояния объекта:

$$P(S_i) = N_i / N. \quad (6)$$

В авиации существует специфика, в соответствии с которой самолет может выполнять полет только в исправном состоянии, хотя могут быть еще работоспособные, правильно функционирующие и неисправные состояния. Исходя из этого принимаем, что существует одно исправное состояние объекта и множество неисправных. В дальнейшем будем придерживаться этого положения.

В практической деятельности проявление одного признака позволяет специалисту безошибочно определить состояние объекта, но когда признаков много и проявляется их различное сочетание, точное определение состояния объекта вызывает затруднение.

Комбинации различных признаков многообразны. Определить вероятность появления состояния с одной из комбинаций можно используя интерпретацию формулы Байеса (для комплекса признаков), которая имеет вид

$$P(S_i / K^*) = P(S_i) \cdot P(K^* / S_i) / P(K^*) \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (7)$$

где $P(S_i / K^*)$ – вероятность диагноза S_i после того, как стали известны результаты обследования по комплексу признаков K ; $P(S_i)$ – предварительная вероятность диагноза S_i (по предшествующей статистике).

Перейдем к определению $P(K^* / S_i)$. Если комплекс признаков состоит из v признаков, то

$$P(K^* / S_i) = P(k_1^* / S_i) P(k_2^* / S_i) \dots P(k_v^* / S_i), \quad (8)$$

где $k_j^* - k_{js}$ – разряд признака, выявившийся в ходе эксплуатации. Для диагностически независимых признаков

$$P(K^* / S_i) = P(k_1^* / S_i) P(k_2^* / S_i) \dots P(k_v^* / S_i). \quad (9)$$

В практических задачах, особенно при большом числе признаков, можно принимать условие независимости признаков даже при наличии существенной корреляции между ними.

Вероятность проявления комплекса признаков K^* определяется по выражению

$$P(K^*) = \sum_{s=1}^n P(S_s) P(K^* / S_s). \quad (10)$$

Для комплекса признаков обобщенная формула Байеса может быть записана так:

$$P(S_i / K^*) = \frac{P(S_i)P(K^* / S_i)}{\sum_{s=1}^n P(S_s)P(K^* / S_s)}, \quad (11)$$

где $P(K^* / S_i)$ определяется равенством (9) или (10). Из соотношения (10) вытекает

$$\sum_{i=1}^n P(S_i / K^*) = 1, \quad (12)$$

т. е. одно из состояний обязательно реализуется, а реализация одновременно двух состояний невозможна.

Метод Байеса сложен для выполнения расчетов, так как имеет много переменных, учитывающих различные факторы. Поэтому его редко применяют в практической деятельности.

Применение программных средств помогает существенно упростить порядок расчета и сократить время на его выполнение. Для выполнения расчетов создают диагностическую матрицу, представляющую собой карту (таблицу) признаков отказов и неисправностей и неисправных состояний (k и S). Карты составляются на основании статистического анализа, данные для которой могут быть представлены лабораторией надежности и технической диагностики авиапредприятия.

Число исследуемых значений определяется количеством вероятных (возможных) проявлений признаков отказов и неисправностей и неисправных состояний.

Методика расчета выполняется на основе метода Байеса – теоремы гипотез, представленной в виде обобщенного алгоритма – расчета вероятности безотказной работы (любой системы) в среде программного обеспечения MathCad.

Пошаговый алгоритм методики определения неисправных состояний методом Байеса заключается в следующем:

1. Записывается выражение вероятности появления неисправного состояния, выражение (3).

2. Производится выборка из массива данных для расчета вероятности появления неисправных состояний по j -му признаку и определяется вероятность проявления признака в неисправных состояниях:

$$P_{kS_{i,j}} = \frac{kS_{i,j}}{N_{i,j}}. \quad (13)$$

3. Оценивается вероятность неоявления признака в неисправных состояниях:

$$P_{0kS} = 1 - P_{kS}. \quad (14)$$

4. По обобщенной формуле Байеса определяются вероятности появления неисправных состояний с проявлением признаков неисправных состояний:

$$P_{Smkn_j} = \frac{P_{S_i} \cdot \Pi(P_{kS_j})}{\sum_j (P_{S_{i,j}} \cdot \Pi(P_{kS_j}))}, \quad (15)$$

где в числителе – произведение вероятностей появления неисправных состояний P_{S_i} на вероятность произведений появления неисправных состояний по каждому проявляющемуся признаку $\Pi(P_{kS_j})$; в знаменателе – сумма произведений вероятностей появления неисправных состояний на произведение вероятностей появления не-

правных состояний по каждому проявляющемуся признаку.

Используя выражение (15), можно получить вероятности получения неисправных состояний по любому количеству проявляющихся признаков и их сочетаниям.

Рассмотрим пример расчета на самом простом варианте – вероятность проявления двух признаков в двух неисправных состояниях для следующего условия:

количество неисправных состояний $S_\Sigma = 10$;

количество признаков неисправных состояний $k_\Sigma = 12$;

общее количество изделий $N = 50$;

$i = 1 \dots S_\Sigma$.

Для большей наглядности и упрощения расчетов целесообразно составить таблицу, где в столбцах размещаются признаки, а в строках – неисправные состояния. Она наглядно покажет, сочетание каких признаков (двух и более) проявятся в сочетаниях неисправных состояний (двух и более). Для нашего примера – 2 неисправных состояния (S_1 и S_2) и 2 проявившихся признака (k_3 и k_4).

Выражения вероятности проявления (непроявления) признаков k_j в неисправных состояниях S_i (8) записываются как

$$P_{kS_{3,1}} = \frac{k_j S_{3,1}}{N_{i_3}}; P_{kS_{3,2}} = \frac{k_j S_{3,2}}{N_{i_3}}; P_{kS_{4,1}} = \frac{k_j S_{4,1}}{N_{i_4}};$$

$$P_{kS_{4,2}} = \frac{k_j S_{4,2}}{N_{i_4}}; P_{0kS} = 1 - P_{kS},$$

где $P_{kS_{3,1}}$ – вероятность проявления признака k_3 в неисправном состоянии S_1 ; $P_{kS_{3,2}}$ – вероятность проявления признака k_3 в неисправном состоянии S_2 ; $P_{kS_{4,1}}$ – вероятность проявления признака k_4 в неисправном состоянии S_1 ; $P_{kS_{4,2}}$ – вероятность проявления признака k_4 в неисправном состоянии S_2 ; P_{0kS} – вероятность неоявления признака k в неисправном состоянии S .

Вероятности проявления (непроявления) признаков в неисправных состояниях запишем следующим образом:

– вероятность проявления признаков k_3 и k_4 в неисправном состоянии S_1 :

$$P_{S_1 k_3 k_4} = \frac{P_{S_1} \cdot P_{kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}}}{P_{S_1} \cdot P_{kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}} + P_{S_2} \cdot P_{kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}};$$

– вероятность проявления признаков k_3 и k_4 в неисправном состоянии S_2 :

$$P_{S_2 k_3 k_4} = \frac{P_{S_2} \cdot P_{kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}}{P_{S_1} \cdot P_{kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}} + P_{S_2} \cdot P_{kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}};$$

– вероятность неоявления k_3 и проявления признака k_4 в неисправном состоянии S_1 :

$$P_{S_1 0k_3 k_4} = \frac{P_{S_1} \cdot P_{0kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}}}{P_{S_1} \cdot P_{0kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}} + P_{S_2} \cdot P_{0kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}};$$

– вероятность неоявления k_3 и проявления признака k_4 в неисправном состоянии S_2 :

$$P_{S_2 0k_3 k_4} = \frac{P_{S_2} \cdot P_{0kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}}{P_{S_1} \cdot P_{0kS_{3,1}} \cdot P_{kS_{4,1}} + P_{S_2} \cdot P_{0kS_{3,2}} \cdot P_{kS_{4,2}}};$$

– вероятность проявления k_3 и неоявления признака k_4 в неисправном состоянии S_1 :

$$P_{S_1 k_3 0k_4} = \frac{P_{S_1} \cdot P_{kS_{3,1}} \cdot P_{0kS_{4,1}}}{P_{S_1} \cdot P_{kS_{3,1}} \cdot P_{0kS_{4,1}} + P_{S_2} \cdot P_{kS_{3,2}} \cdot P_{0kS_{4,2}}};$$

– вероятность проявления k_3 и не проявления признака k_4 в неисправном состоянии S_2 :

$$P_{S_2 k_3 0 k_4} = \frac{P_{S_2} \cdot P_{k_{S_2,2}} \cdot P_{0 k_{S_2,2}}}{P_{S_1} \cdot P_{k_{S_1,1}} \cdot P_{0 k_{S_1,1}} + P_{S_2} \cdot P_{k_{S_2,2}} \cdot P_{0 k_{S_2,2}}}.$$

Введя в эти выражения значения статистических данных, получим необходимый результат.

Аналогичным образом можно составить выражения для более сложных вариантов сочетания проявления при-

знаков в неисправных состояниях, например, 2×3 , 3×2 , 3×3 , 3×4 , 4×3 , 4×4 и т. д.

По рассмотренному алгоритму расчета реализована программа «Методика определения неисправных состояний методом Байеса» кафедрами ТЭЛАД и КЛАД института гражданской авиации СибГАУ в среде программного обеспечения MathCad.

V. V. Lukasov, N. V. Nikushkin

MATHCAD SOFTWARE USAGE FOR DIAGNOSTICATING AEROTECHNICS ON THE METHOD OF THEOREM OF HYPOTHESES

The problem of the theorem of hypotheses application is solved in the technical applications of diagnosing on the examples of aero technique. An algorithm and example of solution is presented in the environment of MathCAD software.

Keywords: aerotechnique, technical diagnosing, recognition, diagnostic sign, sanity, fault.

© Лукасов В. В., Никушкин Н. В., 2009

УДК 629.735.064

О. Г. Бойко, Л. Г. Шаймарданов

ЭЛЕМЕНТЫ РИСК-АНАЛИЗА И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

Обозначена проблема анализа рисков катастроф самолетов гражданской авиации. Рассмотрен частный пример выполнения риск-анализа катастроф.

Ключевые слова: катастрофа, риск-анализ, затраты, прибыль, вероятность катастроф.

Безопасность является одной из основных характеристик всех видов человеческой деятельности. Особенно остро вопросы безопасности стоят в видах деятельности и отраслях, относимых к традиционно опасным. Авиационные перевозки справедливо считаются опасным видом транспорта. Отказы авиационной техники, ошибки экипажа и служб, обеспечивающих полеты, прямо связаны с риском катастроф. Вместе с этим, потери от катастроф в гражданской авиации существенно меньше, чем во многих других опасных отраслях. Это достигнуто благодаря постоянному вниманию и затратам средств как в надежность авиационной техники, так и в организацию и регламентацию деятельности всех служб, обеспечивающих выполнение полетов.

В обеспечение безопасности в различных видах деятельности в явной и неявной форме вкладываются средства. Возникает необходимость в постановке и решении вопроса о соотношении уровня затрачиваемых средств и достигнутого уровня безопасности. В работе [1] приведена кривая «затраты–прибыль» от вложения средств в обеспечение безопасности (рис. 1).

Справедливо отмечается, что характер кривой одинаков для всех видов деятельности. Отличие состоит в количественном соотношении затрат и прибыли. Высказано мнение о том, что в безопасность целесообразно вкладывать средства до тех пор, пока затраты не сравняются с прибылью.

Под прибылью понимается уменьшение потерь от аварий и катастроф, предотвращенных в результате проведенных мероприятий, на которые были затрачены средства. Критерий равенства затрат и прибыли экономически вполне оправдан. Морально-этический аспект не учитывается.

Характер кривой «затраты–прибыль» таков, что эффективность затрат уменьшается по мере их увеличения. Этим подчеркивается (отражается) предположение о том, что при сколь угодно больших затратах абсолютная безопасность не может быть достигнута. Опасность катастроф всегда сохраняется.

Рассмотренный характер кривой может быть представлен экспоненциальной зависимостью следующего вида:

$$P_{\text{приб}} = 1 - e^{-(3-Z_0)^3}, \quad (1)$$

где 3 – затраты средств на обеспечение безопасности; Z_0 – начальные (ранее осуществленные) затраты средств в безопасность.

Зависимости, построенные по формуле (1), приведены на рис. 2. Чем больше уровень предварительных затрат Z_0 , тем интенсивнее увеличивается прибыль от дополнительных затрат. Но вместе с этим при меньшем диапазоне реализуемых затрат падает эффективность затрат. Следует полагать, что начальный уровень затрат Z_0 различен по отраслям и видам деятельности.

Предложенная модель (1) хотя и связывает прибыль с затратами, но не показывает механизм формирования затрат и прибыли. Попытка «вскрыть» этот механизм предпринята нами при рассмотрении влияния увеличения затрат на повышение надежности авиационной техники на потери от катастроф.

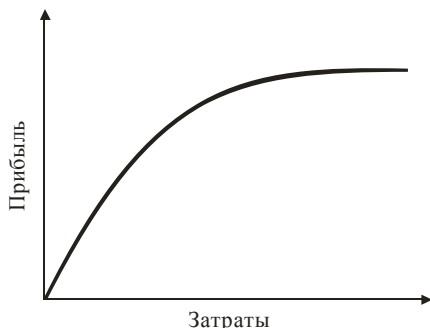


Рис. 1. Кривая «затраты–прибыль»

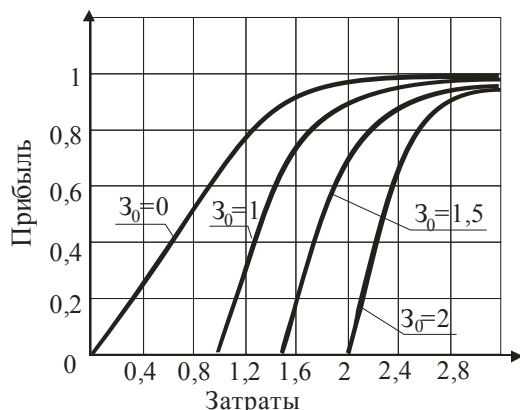


Рис. 2. Зависимость прибыли от затрат на безопасность при различных начальных затратах

Нами рассмотрена статистика 50 катастроф за последние годы с самолетами и вертолетами гражданской авиации на территории Российской Федерации: 97 % катастроф сопряжены с негативным влиянием человеческого фактора; 3 % катастроф вызваны отказами авиационной техники, связанными с конструктивно-производственными недостатками.

Из 97 % катастроф 94 % вызваны ошибочными действиями либо недисциплинированностью пилотов; 3 % определяются ошибками либо недобросовестностью, допущенными при техническом обслуживании.

Катастрофы (3 % от общего числа), связанные с конструктивно-производственными отказами, определяются отказами двигателей. Катастроф, вызванных отказами функциональных систем, не наблюдалось.

На катастрофах, связанных с отказами двигателей следует остановиться отдельно. Отказы двигателя на одномоторном (легком) самолете приводят к катастрофам при неблагоприятных условиях для совершения вынужденной посадки вне аэродрома. На магистральных многомоторных самолетах отказ двигателя без отягчающих последствий – событие не катастрофическое. Ушло в прошлое представление о том, что четырехмоторный самолет безопаснее двухмоторного, поскольку 4-моторный самолет сможет долететь на трех моторах, а 2-моторный

не сможет долететь на одном моторе. По требованиям ИКАО даже двухмоторный самолет с одним отказавшим двигателем должен иметь возможность лететь на одном двигателе в течение трех часов. Этого вполне достаточно для завершения полета по маршруту либо ухода на запасной аэродром.

Катастрофически опасными являются отказы двигателей, отягощенные нелокализуемыми пожарами либо разрушениями, наносящими системам самолета повреждения, при которых продолжение полета становится невозможным. В связи с этим изменилась концепция резервирования двигателей на самолете.

При современном уровне конструирования и производства надежность двигателей с большей или меньшей тягой одинакова. В этих условиях вероятность отказа двигателя с отягчающими (катастрофическими) последствиями возрастает с увеличением числа двигателей на самолете. В связи с этим, в самолетостроении наметилась тенденция к увеличению тяги двигателей и переходу к двухмоторным самолетам, естественно, там, где тяги двух существующих двигателей достаточно.

В производстве двигатели больших тяг существенно дороже, чем меньших. Стоимость одного килограмма тяги двигателя примерно пропорциональна третьей степени увеличения тяги. Приведенные данные обеспечивают возможность построения кривой «затраты–прибыль» в оценке безопасности полетов с обеспечением безопасности его силовой установки.

Рассмотрим формирование стоимости двигательной установки самолета. Стоимость одного килограмма тяги двигателя принимается пропорциональной степени k увеличения его тяги в n раз. Пусть базовый двигатель имеет тягу P_0 и стоимость C_0 . На самолете установлено m_0 базовых двигателей и тяга

$$T = P_0 m_0.$$

Стоимость базового варианта двигательной установки

$$C_0 = C_0 m_0.$$

При увеличении тяги двигателя в n раз стоимость одного килограмма тяги увеличивается в n^k раз, а стоимость двигателя в n^{k+1} раза. При фиксированной тяге T силовой установки на самолете будет установлено в n раз меньше двигателей. Тогда стоимость силовой установки с уменьшенным числом двигателей будет

$$C_n = C_0 \cdot n^k. \quad (2)$$

Для оценки потерь от катастроф зададимся вероятностью катастрофического отказа двигателя, равной 10^{-9} на один час полета. В действительности она меньше, но нормами летной годности [2] задано граничное значение вероятности катастрофической ситуации, вызванной отказами авиационной техники, равное 10^{-9} на один час полета. Будем считать, что потери, связанные с реализацией одной катастрофы, равны C_k , и что базовая силовая установка самолета содержит m_0 двигателей. Тогда вероятность отказа двигателя в течение часа полета

$$Q_0 = 1 - (1 - 10^{-9})^{m_0}.$$

Увеличение тяги двигателей в n раз во столько же уменьшает их число в силовой установке, и вероятность отказа будет равна

$$Q_n = 1 - (1 - 10^{-9})^{\frac{m_0}{n}}.$$

Тогда потери от катастрофы составят

$$C_{kn} = C_k Q_n = [1 - (1 - 10^{-9})^{\frac{m_0}{n}}] C_k. \quad (3)$$

Выражения (2) и (3) определяют в параметрической форме кривую «затраты на безопасность – потери от катастроф» по параметру n . Выразив его из выражения (2) в виде

$$n = \sqrt[k]{\frac{C_n}{C_0}},$$

подставив n в уравнение (3), окончательно получим

$$C_{nk} = [1 - (1 - 10^{-9})^{m_0 \sqrt[k]{\frac{C_0}{C_n}}}] C_k. \quad (4)$$

Поскольку C_0 и C_k нам не известны, характер изменения затрат и потерь удобнее исследовать по выражениям (2) и (3) в долях C_0 и C_{kn} .

Результаты выполненных расчетов для случаев увеличения стоимости 1 кг тяги пропорционально второй и третьей степени увеличения тяги двигателя, представлены на рис. 3. При $k = 2$ и $k = 3$ с увеличением затрат их эффективность по уменьшению потерь от катастроф интенсивно снижается, что хорошо согласуется с предложенной в работе [1] моделью «затраты–прибыль» применительно к безопасности полетов.

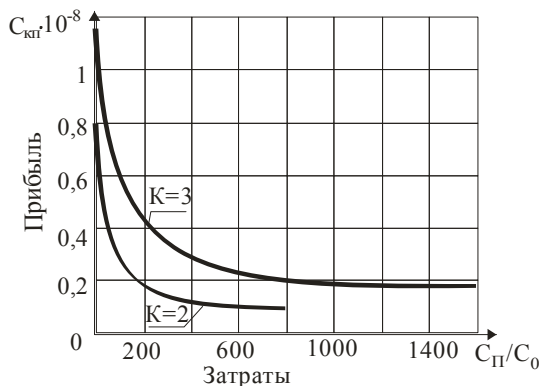


Рис. 3. Зависимость потерь от катастроф в функции затрат

Представляет существенный интерес рассмотрение отношения затрат и прибыли при неизменном числе m двигателей на самолете и увеличении тяги, поскольку при увеличении тяги двигателей в n раз стоимость каждого килограмма тяги увеличивается в n^k раз, а стоимость двигателя – в n^{k+1} раз. Стоимость силовой установки в этом случае будет

$$C_n = C_0 n^{k+1}. \quad (5)$$

При этом пропорционально n возрастает общая тяга силовой установки самолета. Вместе с тягой возрастает

полетная масса, пассажировместимость и потери от реализации катастрофы, т. е.

$$C_k = C_{n0} \cdot n.$$

Тогда потери от катастрофы с учетом ее риска будут

$$C_{kn} = n C_{k0} \cdot Q_n.$$

Поскольку двигателя два, окончательно выражение для расчета потерь определится в виде

$$C_{kn} = n C_{k0} [1 - (1 - 10^{-9})^2]. \quad (6)$$

Зависимость потерь от катастроф в функции затрат на увеличение тяги силовой установки приведены на рис. 4. В отличие от рис. 3, в данном случае потери от катастроф увеличиваются по мере увеличения затрат на силовую установку. Увеличение потерь в этом случае связано с ростом пассажировместимости самолета при неизменной надежности силовой установки. С увеличением тяги двигателей стоимость силовой установки растет значительно быстрее потерь из-за катастроф.

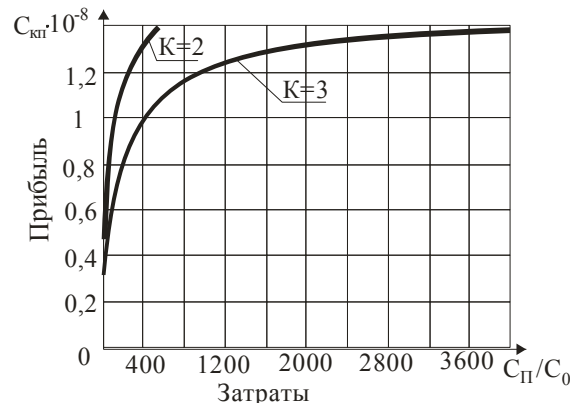


Рис. 4. Зависимость потерь от катастроф в функции затрат на увеличение тяги двигателей

При этом может сложиться ложное впечатление об уменьшении потерь от катастроф. На самом деле, такой характер зависимости потерь от затрат на силовую установку указывает на то, что начиная с некоторой величины затрат, т. е. тяги силовой установки, затраты возрастают настолько интенсивно, что этот путь следует признать тупиковым.

Библиографический список

1. Браун, Д. Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности / Д. Б. Браун. М. : Машиностроение, 1997.
2. АП-25. Авиационные правила. Нормы летной годности самолетов. М. : МАК, 1994.

O. G. Boyko, L. G. Shaimardanov

THE RISK-ANALYSIS AND THE FLIGHT SAFETY ELEMENTS

The problem of risk-analysis of civil aviation airplanes is marked. The private example of making the risk-analysis of catastrophes is viewed.

Keywords: catastrophe, risk-analysis, expenditures, profit, probability of catastrophe.

И. Н. Карцан

НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрены особенности применения наземного комплекса управления Центра управления полетами для малых космических аппаратов, находящихся на малых высотах в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: малый космический аппарат, бортовой комплекс управления, наземный комплекс управления, радиочастотный канал.

В феврале 1994 г. в интервью газете «Мегаполис-Экспресс» академик М. Ф. Решетнев отмечал, что во всем мире заметна тенденция к использованию малых низкоорбитальных спутников связи. Это объясняется, во-первых, их невысокой стоимостью, во-вторых, тем, что при наличии таких спутников потребитель будет пользоваться простыми, дешевыми терминалами. Хотя другие страны только в последнее время почувствовали вкус к низкоорбитальным спутникам, в России они эксплуатируются уже не один десяток лет.

К началу XXI в. в России был накоплен немалый опыт по запуску микроспутников. Кроме большой серии космических аппаратов (КА) «Стрела-1», «Стрела-1М», неоднократно запускались радиолюбительские космические аппараты серии «Радио» (РС), «Зея», «Можаец». И хотя не все из них работали долго и успешно, с помощью таких космических аппаратов решались интересные и важные задачи. Так, микроспутники старого поколения «Зея» и «Можаец» массой 87 кг, запущенные в марте 1997 г. и ноябре 2002 г., использовались для отработки технологий навигации, оценки влияния радиационных потоков.

Для огромной территории малые космические аппараты (МКА) интересны, прежде всего, возможностью при минимальных затратах эффективно решать задачи связи, получать оперативную информацию о лесных пожарах, миграции животных, ледоходе на реках, полезных ископаемых, экологии, природных и техногенных аномалиях. Также низкоорбитальные космические системы находят все более широкое применение благодаря минимальной задержке распространения сигнала, низкой стоимости вывода на орбиту, низкому уровню воздействия радиации, высокой надежности и др.

Низкоорбитальная спутниковая группировка занимает определенную нишу в космическом пространстве (рис. 1), и ее баллистическое построение обеспечивает однократное покрытие области действия системы. При этом минимальный угол места при произвольном размещении потребителей информации от МКА на поверхности Земли в области действия системы составляет не менее 25°. Бортовой радиотехнический комплекс обеспечивает в канале связи с абонентами плотность потока мощности, разрешенную для выбранного диапазона частот, с неравномерностью не более 3 дБ. Высота орбиты спутниковой группировки составляет около 700 км. По решаемым задачам, видам услуг и передаваемой информации спутниковую низкоорбитальную систему можно отнести к цифровым сетям.

Управление в больших системах можно определить как упорядоченный комплекс мероприятий, обеспечивающих

организацию и поддержание на необходимом уровне интенсивности множества взаимосвязанных процессов, протекающих как на структурных элементах системы, так и между этими элементами и окружающей средой, направленный на достижение основной цели системы – максимальной эффективности функционирования. Таким образом, организация управления низкоорбитальной спутниковой группировкой связана с особенностями ее структуры:

- непрерывным перемещением спутников;
- большим количеством одновременно работающих спутников и др.

С учетом этих особенностей необходимо, прежде всего, обеспечить высокую оперативность управления малыми космическими аппаратами.

Управление низкоорбитальной спутниковой группировкой осуществляется с Центра управления полетами (ЦУП) (рис. 2), в состав которого входит система управления и контроля и радиочастотный канал.

Главное назначение ЦУП – управление и координация взаимодействия технических средств по развертыванию, поддержанию в режиме штатной эксплуатации и замене отработавших КА. ЦУП решает задачи:

- долгосрочного и оперативного планирования работы КА, технических средств наземного комплекса управления (НКУ);
- организации синхронной работы технических средств в реальном масштабе времени;
- приема результатов сверки бортовой шкалы времени и их выдачи потребителям;
- контроля формирования пакетов контрольно-пакетной информации и передачи их на борт КА;
- приема обработки, отображения и архивирования телеметрической информации от КА;
- анализа и прогноза технического состояния КА;
- организации проведения измерений текущих навигационных параметров, их обработки;
- организации профилактических работ и обработки нештатных ситуаций;
- проведения функционирования контроля работоспособности технических средств ЦУП в соответствии с техническими требованиями;
- организации протоколов, очередей, приоритетов, потоков информации, доступа к архивам;
- обеспечения автоматизированного обмена информацией со средствами НКУ и взаимодействующими комплексами;
- формирования отображения состояния спутниковой группировки для отдельных рабочих мест;

– работы с базой данных и центральным архивом НКУ.

Решение задач, стоящих перед ЦУП, обеспечивается взаимодействием технических средств ЦУП, в основном на обмене информацией. Каждое средство может быть представлено с информационной точки зрения как устройство, способное принимать входную информацию, использовать принятые данные для выполнения своих целевых функций, формировать выходной поток данных.

Рабочие места штатных и привлекаемых операторов ЦУП должны находиться в одном помещении. В ЦУП должны быть расположены резервные вычислительные средства и резервные рабочие места для работы в нештатных ситуациях.

Центр управления полетами является организатором взаимодействия всех средств НКУ, что обеспечивается согласованием форматов сообщений, синхронизацией взаимодействия по времени, своевременным архивированием и защитой информации от несанкционированного доступа. Взаимодействие с техническими средствами ЦУП основано на обмене информацией с помощью локальной вычислительной сети.

Основными элементами системы управления и контроля являются следующие:

- наземный комплекс управления;
- бортовой комплекс управления космических аппаратов;
- системы связи и передачи данных (ССПД).

Особенностью системы является распределенный наземный сегмент, состоящий из Центра управления и значительного числа координирующих и шлюзовых станций, размещенных по всей территории России и, возможно, на территории других стран.

С точки зрения управления все элементы системы объединены в одну сеть. При штатной эксплуатации спут-

никовой группировки основным режимом любого КА, входящего в ее состав, является режим автономного контроля и управления. Его суть заключается в том, что бортовой комплекс управления (БКУ) контролирует работоспособность бортовой системы КА и по результатам этого контроля оптимизирует ее работу или устраняет нештатную ситуацию. В этом режиме БКУ регламентирует время проведения сеансов связи с НКУ, координирующими станциями.

При этом роль НКУ сводится к следующим действиям:

- контролю параметров «Норма» (обобщенный параметр, характеризующий работоспособность КА), поступающих по связному каналу в ЦУП НКУ с КА;
- периодическому проведению внешнетраекторных измерений каждого КА и прогнозированию их движения;
- периодическому проведению сверки и коррекции бортовых шкал времени;
- периодическому проведению регламентных проверок работоспособности систем каждого КА;
- учету отказов аппаратуры КА и прогнозированию его работы.

На этапах выведения КА, ввода его в спутниковую группировку, вывода из спутниковой группировки, а также при регламентных работах или при возникновении нештатных ситуаций, не парируемых при автономном управлении и контроле, НКУ берет на себя оперативное управление бортовыми системами КА. При этом управление и контроль их ЦУП осуществляется через ССПД.

Для реализации автономного управления и контроля с целью устранения неисправностей или оптимизации работы КА, БКУ работает по следующему алгоритму:

- непрерывный контроль состояния (нахождение в пределах допусков) наиболее важных параметров, характеризующих работоспособность бортовых систем КА;

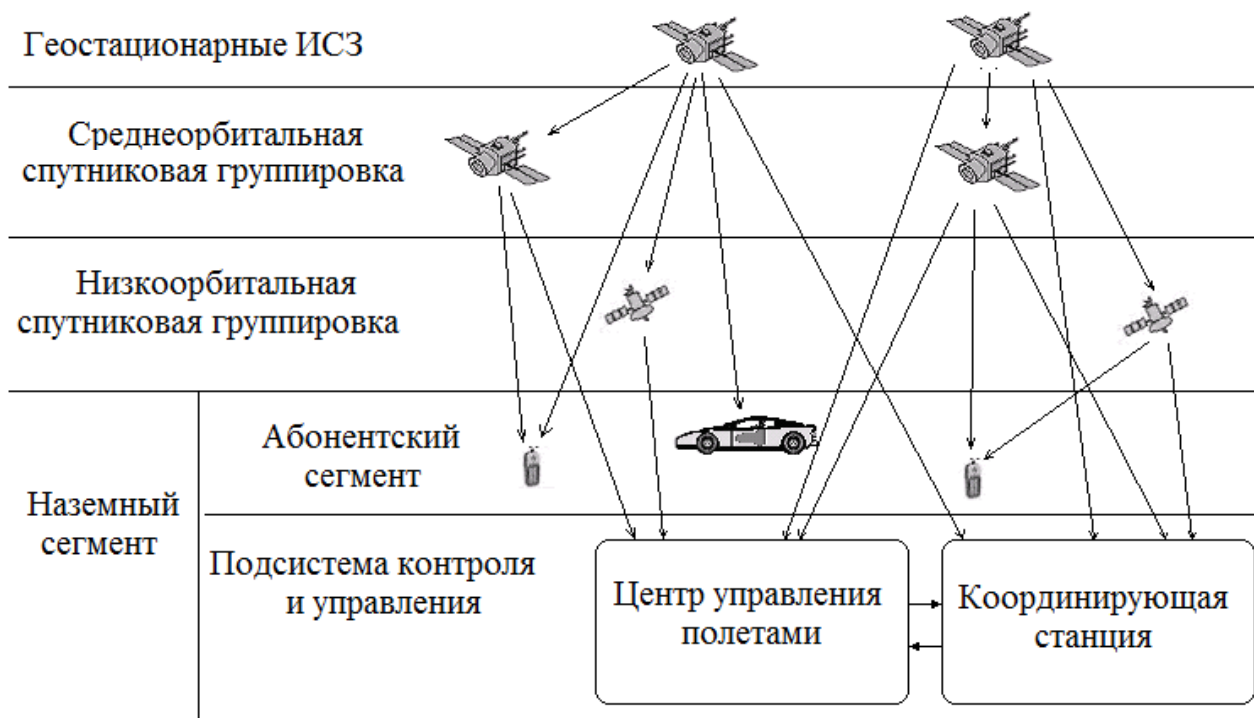


Рис. 1. Структурная схема распределения космических аппаратов по высотам

- при выходе какого-либо параметра за допуск – анализ состояния сопутствующих ему параметров;
- определение вероятных причин возникшей неисправности и реализация типовых алгоритмов ее устранения;
- формирование команд управления режимами работы или резервами аппаратуры, контроль и анализ последствий их исполнения.

С каждого КА в ЦУП передается информация телесигнализации, которая содержит следующие сигналы: «Норма»; «Вызов НКУ»; «Аварийный вызов НКУ».

Сигнал «Норма» представляет собой обобщенный критерий работоспособности КА. Он передается в том случае, если все контролируемые параметры бортовых систем КА находятся в диапазоне допусков.

Сигнал «Вызов НКУ» представляет собой несрочный запрос на связь с НКУ. Он передается в тех случаях, когда КА хочет сообщить НКУ о произведенных им действиях или получить разрешение на них, например:

- факт парирования возникшей и устраненной нештатной ситуации со всеми вытекающими последствиями (например, перечень отказавшей аппаратуры);
- уход бортовой шкалы времени;
- запрос разрешения на коррекцию местоположения.

Пакеты, содержащие сигналы «Норма» и «Вызов НКУ», имеют низкие приоритеты и передаются в НКУ в паузах передачи целевой служебной информации.

Сигнал «Аварийный вызов НКУ» представляет собой срочный запрос на вызов НКУ. Передача его в НКУ с КА производится с минимальной задержкой в каналах связи, для чего пакету информации, содержащему этот сигнал, присваивается высший приоритет. Этот сигнал передается в тех случаях, когда возникшая на борту КА неисправность нарушает работу спутника и не парирует автономными действиями.

Кроме этих основных сигналов в составе телесигнализации существуют ряд дополнительных уточняющих сигналов, повышающих оперативность реакции НКУ:

- запрос на коррекцию бортовой шкалы времени;
- перегрузка каналов связи;
- номер отказавшей системы.

Конкретный перечень сигналов телесигнализации должен быть определен на этапе эскизного проектирования КА.

В ЦУП НКУ информация телесигнализации, поступающая от КА, должна сразу обрабатываться и отображаться.

Оперативное управление из НКУ предполагает совместное решение всех задач управления и контроля средствами НКУ и БКУ, при этом приоритеты решения принадлежат НКУ (смешанный режим управления).

Оперативное управление и контроль КА из НКУ осуществляется в следующих случаях:

- вызова НКУ на связь по инициативе КА или координирующей станции (по каналу телесигнализации);
- нештатной ситуации на КА, которая не была устранена автономным управлением;
- плановой регламентной проверки работоспособности бортовых систем КА;
- плановой сверки или коррекции бортовых шкал времени;
- плановой проверки местоположения КА.

Если нештатная ситуация на борту КА не связана с отказом системы связи, то управление и контроль КА производится из НКУ по штатным каналам связи. По этим каналам связи из НКУ на КА передается цифровая контрольно-пакетная информация, а обратно – квитанционная и измерительная информация.

В составе цифровой контрольно-пакетной информации передаются следующие данные:

- управляющая информация для работы бортовых вычислительных средств (исходные данные, начальные установки, коррекция алгоритмов управления и т. д.);
- управляющая информация для реализации управления через БКУ на уровне единичных команд;
- управляющая информация непосредственного доступа (разовые команды, поступающие на рабочие орга-

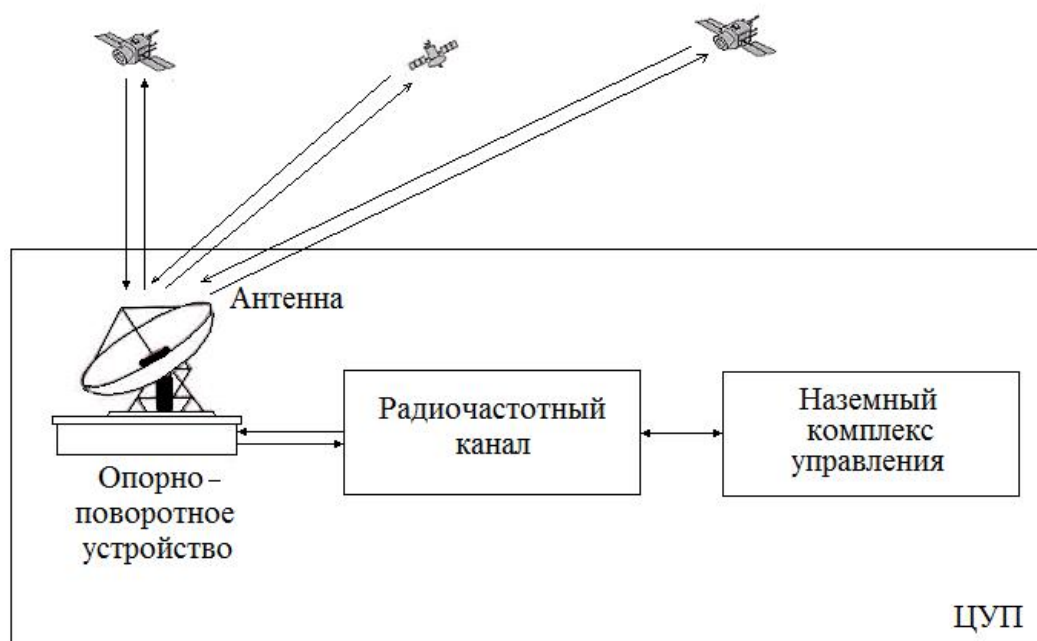


Рис. 2. Структурная схема Центра управления полетами

ны бортовых систем, минуя бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ);

– технологическая управляющая информация (запрос на передачу контрольно-измерительной информации, на проведение сверки или коррекции времени и т. д.).

Управляющая информация в зависимости от назначения и адреса может поступать и обрабатываться в БЦВМ или транзитом пересылаться в другие бортовые системы КА.

Квитанционная информация, передаваемая по обратному каналу, формируется в ответ на принятую по прямому каналу контрольно-пакетную информацию и представляет собой данные о результатах ее приема, обработки и исполнения. Эта информация передается всегда, когда передается контрольно-пакетная информация.

Контрольно-измерительная информация передается только в ответ на запрос НКУ, который содержит следующие сведения:

- команду на передачу содержимого оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), регистрирующего все нештатные ситуации на КА и действия по их парированию;
- команду на передачу контрольно-измерительной информации от какой-либо конкретной бортовой системы;
- команду на считывание информации из любого модуля БЦВМ;
- набор адресов конкретных параметров, которые необходимо передать в НКУ.

Наземный комплекс управления, получив сигнал о вызове, запрашивает КА о причинах вызова (например, в случае возникшего, но устраненного отказа какой-либо аппаратуры), проводит при необходимости диагностический контроль одной или нескольких бортовых систем, регистрирует в своем архиве отказавшие элементы аппаратуры на КА и делает заключение о возможности его дальнейшей эксплуатации. Если же КА не может автономно парировать нештатную ситуацию, то НКУ находит и принимает оптимальное решение (моделируя у себя нештатную ситуацию).

Радиочастотный канал предназначен для следующих действий:

- приема сигналов с КА в магистральном канале;
- предварительной фильтрации, усиления и переноса принятого сигнала на промежуточную частоту;
- передачи принятого сигнала на стойку демодуляторов для дальнейшей обработки;
- приема цифрового потока, подготовленного для передачи на спутник, и формирования передаваемого высокочастотного сигнала;
- усиления и излучения передаваемого сигнала.

В состав радиочастотного канала входят следующие устройства:

- антенна с опорно-поворотным устройством;
- фидерный тракт с дуплексором и развязывающими фильтрами;
- малошумящий усилитель;
- синтезатор частот;
- преобразователь приемного канала;
- усилитель мощности передающего канала;
- управляющая ЭВМ.

Тракт радиочастотного канала должен обеспечивать дуплексный режим работы; требуемую величину чувствительности; устойчивость трактов усиления; сетку рабочих частот, реализующих полную электромагнитную совместимость и устойчивость работы приемно-передающего тракта; программную компенсацию доплеровских смещений принимаемых сигналов и упреждающую компенсацию передаваемых смещений в передаваемых сигналах; необходимый уровень мощности передающего устройства.

Малые космические аппараты нового поколения дополнительно предназначены для решения образовательных задач. Суть образовательной миссии заключается в моделировании рабочего процесса создания спутника с самого начала, от разработки проектной документации до конечного этапа – управления спутником на орбите. Такой подход значительно повышает уровень профессиональной подготовки молодых специалистов.

I. N. Kartsan

LAND CONTROL COMPLEX FOR SMALL SPACE VEHICLES

The application features of the land control complex of the Centre of flight control for small space vehicles being on small heights in various service conditions are considered.

Keywords: small space vehicle, on-board complex of control, land complex of control, the radio-frequency channel.

© Карцан И. Н., 2009

Е. С. Жукова, И. Н. Карцан

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ЦЕНТРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

Рассмотрен комплекс мер обеспечения конфиденциальности информации, обрабатываемой информационной системой Центра управления полетами.

Ключевые слова: обеспечение информационной безопасности, криптографическая защита информации.

Национальное агентство по аэронавтике и космическим исследованиям (NASA) не так давно подтвердило информацию о том, что доставленные на орбиту ноутбуки были заражены вирусом Gammima.AG. Данный случай проникновения вируса в служебные компьютеры космической станции далеко не единственный, а развитие космического туризма в будущем увеличит угрозу вирусных атак на компьютеры малых космических станций (МКС).

Вышедшие за пределы планеты компьютерные вирусы – это тревожный знак, показывающий необходимость ужесточения существующих мер по защите информации.

Основной задачей Центра управления полетами (ЦУП) является управление и координирование космических аппаратов. Под информационной системой ЦУП будем понимать рабочие места операторов ЦУП (наземный комплекс управления), системы и сети передачи данных и бортовой комплекс управления космических аппаратов. Обработка и передаваемая информация имеет высокую важность, а ее перехват или искажение могут принести не только разглашение информации ограниченного распространения, но и более разрушительные последствия. Одной из важных задач является обеспечение информационной безопасности системы ЦУП.

В современных условиях непрерывного повышения ценности информационных ресурсов, с одной стороны, и постоянного роста правонарушений в области информационных технологий – с другой, построение эффективной системы комплексного обеспечения информационной безопасности становится одним из ключевых факторов, обуславливающим жизнедеятельность информационной системы.

В соответствии с законодательством Российской Федерации информационную безопасность можно определить как состояние защищенности информационной среды общества, обеспечивающее ее формирование, использование и развитие в интересах граждан, организаций, государства.

Информационная безопасность имеет три основные составляющие: конфиденциальность, целостность и доступность.

Под конфиденциальностью понимается свойство информации, которое характеризуется способностью сохраняться в тайне от субъектов, у которых нет полномочий на право ознакомления с ней. Обеспечение конфиденциальности информации и защита ее от утечки, искажения или уничтожения особенно важны в информационных системах стратегических предприятий и организаций.

Показатель уровня защиты определяется основными видами потенциальных нарушений безопасности инфор-

мации. В многофункциональной и глобальной информационной системе ЦУП меры защиты информации предупреждают следующие угрозы безопасности:

- нарушения, ведущие к утечке информации из подсистем и линий связи, искажению информации и дезорганизации системы;
- несанкционированные действия обслуживающего персонала системы, ведущие к искажению, уничтожению или утечке информации;
- несанкционированные действия абонентов, ведущие к утечке информации;
- нарушения безопасности и достоверности информации посредством несанкционированного доступа к программному обеспечению системы и базам данных, внедрения в них компьютерных вирусов;
- воздействие на систему и ее сети связи неблагоприятных факторов окружающей среды и стихийных бедствий, ведущих к нарушению функционирования системы и уничтожению информации.

Локализация и предотвращение указанных воздействий на систему могут быть реализованы только при системном подходе к организации и обеспечению защиты информации. Комплексный подход к обеспечению безопасности информационной системы предусматривает следующее:

- системный анализ потенциально возможных угроз безопасности информационной системы;
- комплексное использование методов и средств защиты и создание механизма защиты, гарантирующего надежное перекрытие возможных каналов утечки и несанкционированного доступа к информационной системе;
- разработку методов и средств защиты одновременно с созданием самой информационной системы, интеграцию средств защиты информации в информационную систему ЦУП;
- аттестацию и сертификацию средств защиты и каналов передачи, приема и обработки конфиденциальной информации.

Система защиты информации должна обеспечивать создание механизма защиты, адекватного потребностям защиты информации (критерий достаточности); удобство для пользователей; минимизацию привилегий в доступе к ресурсам системы и информации, предоставляемых пользователям; полноту контроля всех обращений к системе и информации; наказуемость нарушений (отказ в доступе к системе и др.); экономичность механизма защиты.

К настоящему времени разработан достаточно полный перечень способов и средств, позволяющих при их комплексном использовании создать достаточно надеж-

ный механизм защиты. Распределим меры по защите информации на основные группы:

- законодательные;
- организационные;
- технические;
- аппаратно-программные;
- криптографические.

Законодательный уровень является важнейшим для обеспечения информационной безопасности. Большинство людей не совершают противоправных действий не потому, что это технически невозможно, а потому, что это осуждается или наказывается обществом.

В процессе создания и эксплуатации Центра управления полетами строит свой механизм защиты, основываясь, в первую очередь, на законодательные акты, которые дают основные понятия, регламентируют правила использования и обработки информации, определяют основные требования как к мерам по защите информации, так и к средствам защиты, кроме того определяют меры ответственности за нарушение этих правил.

На законодательном уровне условно различают две группы мер:

- меры, направленные на создание и поддержание в обществе негативного (в том числе с применением наказаний) отношения к нарушениям и нарушителям информационной безопасности;
- направляющие и координирующие меры, способствующие повышению образованности общества в области информационной безопасности, помогающие в разработке и распространении средств обеспечения информационной безопасности.

Самое трудное и самое важное на законодательном уровне – создать механизм, позволяющий согласовать процесс разработки законов с реалиями и прогрессом информационных технологий. На данный момент прогресс в информационной сфере намного обгоняет законодательные акты, что на практике ведет к существенному снижению уровня информационной безопасности.

Перечислим основные законы Российской Федерации в области информационной безопасности:

- Конституция Российской Федерации;
- Гражданский кодекс Российской Федерации;
- Уголовный кодекс Российской Федерации;
- ФЗ «О государственной тайне»;
- ФЗ «О коммерческой тайне»;
- ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»;
- ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»;
- ФЗ «Об участии в международном информационном обмене»;
- ФЗ «Об электронной цифровой подписи»;
- ФЗ «О персональных данных».

Законодательная база дает основные понятия, а также определяет каналы утечки информации и требования к средствами защиты. Основываясь на данных требованиях, с помощью организационных мер по защите информации разрабатываются меры по обеспечению безопасности, а также порядок их введения и контроля.

Организационные меры защиты информации представляют собой совокупность мероприятий, решений и

процедур, регламентирующих передачу и обработку информации на всех этапах технологического процесса создания и эксплуатации информационной системы Центра управления полетами. К ним относятся мероприятия, направленные на обеспечение защиты при разработке общего проекта информационной системы, ее монтаже, отладке, испытаниях и эксплуатации оборудования системы, организация охраны и ограниченного доступа в помещения, где обрабатывается конфиденциальная информация, организация технологии обработки информации, а также подбор и подготовка обслуживающего персонала.

В целом этот комплекс мероприятий позволяет полностью или частично перекрыть значительную часть каналов утечки информации и обеспечить объединение всех используемых средств в целостный механизм защиты.

К данной группе относятся также методы, обеспечивающие создание таких структур различных компонентов информационной системы, которые позволяют наиболее эффективно применять меры защиты: топология сети, режимы функционирования технических средств и т. д.

Для построения комплексной системы безопасности информационной системы Центра управления необходимо применение следующих организационных мероприятий:

- 1) определение уровня (категории) конфиденциальности защищаемой информации (зависит от категории космического аппарата: спутник связи, научно-исследовательский спутник, военный и т. д.);
- 2) выбор принципа методов (локальный, объектовый или смешанный) и средств защиты;
- 3) установление порядка обработки защищаемой информации;
- 4) учет пространственных факторов:
 - введение контролируемых (охраняемых) зон;
 - правильный выбор помещений и расположение объектов между собой и относительно границ контролируемой зоны;
- 5) учет временных факторов:
 - ограничение времени обработки защищаемой информации;
 - доведение обработки информации с высоким уровнем конфиденциальности до узкого круга лиц;
- 6) учет физических и технических факторов:
 - определение возможности визуального (или с помощью технических средств) наблюдения отображаемой информации посторонними лицами;
 - отключение контрольно-измерительной аппаратуры от информационного объекта и ее обесточивание;
 - максимальное разнесение информационных кабелей между собой и относительно проводящих конструкций, их пересечение под прямым углом.

Для блокирования возможных каналов утечки информации через технические средства обеспечения производственной и трудовой деятельности с помощью специальных технических средств и создания системы защиты объекта по ним необходимо осуществить ряд мероприятий:

- проанализировать специфические особенности расположения зданий, помещений в зданиях, территорию вокруг них и подведенные коммуникации;

– выделить те помещения, внутри которых циркулирует конфиденциальная информация, и учесть используемые в них технические средства;

– осуществить следующие действия:

проверить используемую технику на соответствие величины побочных излучений допустимым уровням, экранировать помещения с техникой или эту технику в помещениях;

перемонтировать отдельные цепи, линии, кабели;

использовать специальные устройства и средства пассивной и активной защиты.

Следующим этапом при создании комплексной системы защиты информации должен быть подбор и внедрение *технических средств* защиты информации, т. е. таких средств, в которых основная защитная функция реализуется техническим устройством (комплексом или системой).

К техническим средствам относятся различные электронные и электронно-механические устройства, которые включаются в состав технических средств информационной системы Центра управления полетами и выполняют в комплексе с другими средствами функции защиты и контроля доступа к информации и системе в целом.

К техническим средствам также можно отнести средства экранирования отдельных устройств и помещений для исключения побочных электромагнитных излучений, а также специальные средства излучения шумовых сигналов, маскирующих информационные сигналы.

Некоторые каналы утечки информации возможно перекрыть как техническими (аппаратными), так и программными мерами защиты. Выбор средства защиты должен быть обусловлен принципом достаточности. Для информационной системы с более высоким классом защиты предпочтение следует отдать техническим средствам защиты. Несомненными достоинствами технических средств защиты информации являются следующие:

- достаточно высокая надежность;
- широкий круг задач;

– возможность создания комплексных систем защиты информации;

– гибкое реагирование на попытки несанкционированного воздействия;

– традиционность используемых методов осуществления защитных функций.

Основные недостатки технических средств защиты информации заключаются в высокой стоимости многих средств и необходимости регулярного проведения контроля за их работоспособностью.

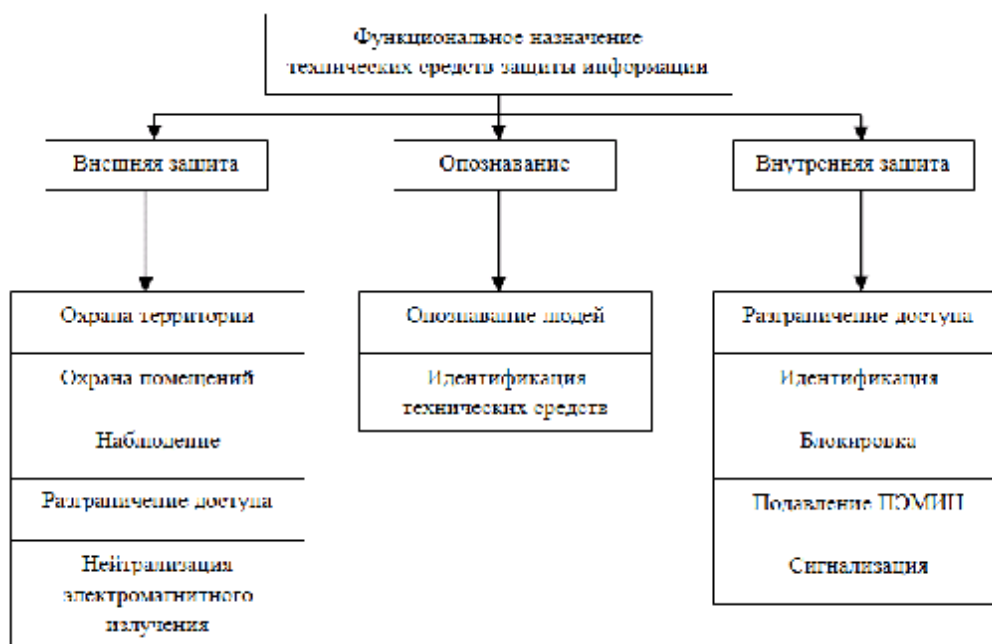
Выделяют три глобальные функции защиты, выполняемые техническими средствами: внешняя защита, опознавание и внутренняя защита. Дальнейшая детализация функциональной классификации технических средств защиты информации приводит к выделению одиннадцати групп (см. рисунок). Средства защиты, входящие в эти группы, могут быть различной сложности и различного исполнения.

Существует ряд уязвимостей информационной системы, устранить которые возможно только с использованием *программных средств защиты* информации. Несмотря на то что современные операционные системы (ОС) для персональных компьютеров, такие как Windows 2000, Windows XP и Windows NT, имеют собственные подсистемы защиты, актуальность создания дополнительных средств защиты сохраняется. Большинство систем не способно защитить данные, находящиеся за их пределами, и в этих случаях для их защиты используются программные средства защиты.

К программным средствам защиты информации относятся специальные программы, которые должны включаться в состав программного обеспечения информационной системы Центра управления полетами для обеспечения функций защиты.

В соответствии с выполняемыми функциями программы защиты разделяются на следующие группы:

- шифрование (криптографическая защита информации);



Классификация технических средств защиты информации по функциональному назначению

- резервное копирование данных;
- антивирусные программы;
- средства идентификации и аутентификации;
- контроль и управление доступом;
- протоколирование и аудит.

Защита информации от компьютерных вирусов (особенно важна в вычислительных сетях) обычно реализуется разнообразными методами и средствами, в том числе специальными антивирусными программами.

При выборе программного продукта для устранения той или иной уязвимости информационной системы, в первую очередь, необходимо учитывать требования, предъявленные к средствам защиты информации установленного класса.

Криптографическую защиту информации можно отнести как к программным, так и к аппаратным средствам защиты информации. Защита данных с помощью шифрования – одно из возможных решений проблемы безопасности, а в условиях передачи информации по радиочастотному каналу это решение становится основным средством обеспечения конфиденциальности информации. Зашифрованные данные становятся доступными только тем, кто знает, как их расшифровать, и поэтому похищение зашифрованных данных абсолютно бессмысленно для несанкционированных пользователей. Программная реализация более практична, допускает некоторую гибкость в использовании, а также отличается существенно меньшей стоимостью. Аппаратная реализация отличается высокой производительностью, простотой, защищенностью и т. д. Исходя из этого, в ряде зарубежных стран налажено промышленное производство аппаратуры для шифрования и имеется значительный опыт ее практического использования для сокрытия информации ограниченного распространения, особенно в информационно-вычислительных сетях, так как при передаче информации по линиям связи большой протяженности (в том числе радиолиниям) этот вид защиты является единственным способом надежной защиты передаваемых данных. Однако необходимо учесть, что зашифрованный текст будет передаваться на очень большие расстояния, и влияние помех будет велико. Исходя из специфики информационной системы Центра управления полетами, в данном случае будет использоваться помехоустойчивое кодирование, т. е. должна быть реализована возможность корректировки ошибок.

В настоящее время известно большое число методов криптографического закрытия информации. Классификация методов шифрования (криптоалгоритмов) может быть осуществлена по следующим признакам:

- по типу ключей – симметричные и асимметричные;
- по размеру блока информации – потоковые шифры, блочные шифры;
- по характеру воздействий, производимых над данными – метод замены (перестановки), метод подстановки, аналитические методы, аддитивные методы (гаммирование), комбинированные методы.

Кодирование может быть смысловое, символическое, комбинированное.

Независимо от способа реализации для современных криптографических систем защиты информации сформулированы следующие общепринятые требования:

- стойкость шифра должна противостоять криптоанализу или требовать создания и использования дорогих вычислительных систем;
- криптостойкость обеспечивается не секретностью алгоритма, а секретностью ключа;
- зашифрованное сообщение должно поддаваться чтению только при наличии ключа;
- шифр должен быть стойким даже в случае, если нарушителю известно достаточно много: зашифрованный текст, исходный текст;
- незначительное изменение ключа или исходного текста должно приводить к существенному изменению вида зашифрованного текста;
- структурные элементы алгоритма шифрования должны быть неизменными;
- зашифрованный текст не должен существенно превосходить по объему исходную информацию;
- дополнительные биты, вводимые в сообщение в процессе шифрования, должны быть полностью и надежно скрыты в шифрованном тексте;
- ошибки, возникающие при шифровании, не должны приводить к искажениям и потерям информации;
- не должно быть простых и легко устанавливаемых зависимостей между ключами, последовательно используемыми в процессе шифрования;
- любой ключ из множества возможных должен обеспечивать равную криптостойкость;
- время шифрования не должно быть большим;
- стоимость шифрования должна быть согласована со стоимостью закрываемой информации.

При использовании комплекса мер по защите информации, а также контроля их соблюдения и обновления, конфиденциальность информации, обрабатываемой в Центре управления полетами, будет полностью обеспечена. Однако не стоит забывать, что научно-технический прогресс не стоит на месте, и у злоумышленников в арсенале появляются новые возможности по взлому паролей, шифров, создаются новые вредоносные программы. Система безопасности информации должна постоянно проходить контроль соответствия требованиям безопасности и вводить новые рубежи защиты.

Принимая во внимание удаленность линий связи, специфику обработки информации, основной акцент в системе обеспечения конфиденциальности информации в информационной системе Центра управления полетами необходимо делать на криптографическую защиту. Шифрование информации позволит избежать последствий ее разглашения при несанкционированном доступе. Рекомендуется использовать аппаратные средства кодирования, которые обладают большей производительностью.

E. S. Zhukova, I. N. Kartsan

MAINTENANCE OF THE INFORMATION CONFIDENTIALITY IN THE CENTRE OF FLIGHT CONTROL

The series of measures to maintain the information confidentiality processed by information system in the Centre of flight control are considered.

Keywords: information safety maintenance, cryptographic protection of the information.

© Жукова Е. С., Карцан И. Н., 2009

УДК 629.78.064

П. И. Мельников, Р. В. Козлов, В. С. Кудряшов

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «СТУДЕНЧЕСКИЙ»

Изложены результаты проектирования системы электропитания малого космического аппарата «Студенческий».

Ключевые слова: система электропитания, экстремальное регулирование мощности, мостовой инвертор, литий-ионная аккумуляторная батарея, конденсаторы.

Малый космический аппарат «Студенческий» (далее – СМКА) – космический аппарат микрокласса. Основное предназначение СМКА – решение прикладных задач и проведение экспериментальной отработки новых технологий, в том числе в части систем электропитания (СЭП).

Цель представленной работы – проектирование СЭП для СМКА (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид космического аппарата «Студенческий»

СЭП состоит из следующих элементов:

- солнечной батареи;
- аккумуляторной батареи;
- блока автоматики и стабилизации напряжения.

При работе над СЭП принималась следующая философия проектирования:

1. На первых СМКА ввиду крайне сжатых сроков создания космического аппарата (КА) применялось решение, которое использовалось на малом космическом аппарате (МКА) «Юбилейный» – устанавливался комплект аппаратуры ДОКА-Б, поставляемый НИИАКТ (г. Калуга). В состав этой аппаратуры входят металлгидридная аккумуляторная батарея (АБ) из 10 аккумуляторов емкостью 9,5 Ач и автоматика СЭП. Поэтому на первых МКА «Студенческий» разрабатывалась только солнечная батарея (БС).

2. На втором этапе проектировалась и разрабатывалась базовая СЭП СМКА на основе инновационных решений по АБ и электронной части СЭП. В составе базовой СЭП использовалась БС, разработанная для первого этапа.

3. Разрабатывалась программа летных экспериментов по СЭП КА, преследующая две цели:

- отработку новых технологий в интересах ОАО «ИСС»;

- отработку новых решений для базовой СЭП СМКА.

Использовались следующие исходные данные для проектирования:

- высота орбиты СМКА 1 200 км;
- период обращения 115 мин, максимальная длительность теневого участка орбиты 35 мин;
- срок активного существования (САС) 1 год;
- рассматривались два способа пассивной магнито-гравитационной ориентации КА:
 - одноосная на Землю;
 - трехосная (одна ось на Землю, вторая – по нормали к орбите, третья – по направлению движения КА);
- напряжение питания аппаратуры 12^{+3}_{-2} В;
- форма КА (БС) – параллелепипед;
- дежурная нагрузка при одноосной ориентации 10,1 Вт, при трехосной ориентации – 12,1 Вт;

– сеанс длился 10 мин, мощность при одноосной ориентации – 15 Вт, при трехосной – 17 Вт.

Проектирование СЭП для первых СМКА. Проектирование СЭП сводилось к разработке БС с адаптацией ее к АБ и автоматике СЭП, входящих в аппаратуру ДОКА-Б. Структурная схема СЭП первого этапа приведена на рис. 2.

Солнечная батарея должна удовлетворять следующим требованиям:

а) средневитковая мощность БС:

– для трехосной ориентации $P_{БС\text{ср}} = 12,1$ Вт;

– для одноосной ориентации $P_{БС\text{ср}} = 10,1$ Вт;

б) расчет БС должен производиться с учетом обеспечения зарядного напряжения для АБ, которое составляет 14 В. Проектирование БС производилось на основе трехкаскадных GaAs фотопреобразователей (ФП) (табл. 1).

При проектировании рассматривались несколько вариантов БС, отличающихся по следующим параметрам:

– способу ориентации;

– количеству ФП в цепи элементарного генератора (ЭГ);

– форме БС КА «Студенческий».

Расчетные случаи расположения каждого варианта относительно орбиты приведены на рис. 3.

Первый вариант представляет собой худший случай расположения КА на орбите при одноосной ориентации на Землю. При таком расположении выходная мощность БС минимальная. Во втором варианте применена трехосная ориентация КА. Третий вариант – оптимизация второго варианта за счет раскрывающихся панелей. Четвертый вариант по габаритам аналогичен первому, но

для трехосной ориентации, причем КА располагается так, что его расположение увеличивает суммарную освещенность БС (рис. 4).

Расчет всех рассматриваемых вариантов проводился в следующей последовательности:

– при помощи пакета «Маткад» моделировалась ВАХ БС с учетом влияния температуры;

– далее в «Маткад» моделировались графики освещенности для каждого варианта.

Результат расчета для теневой орбиты при худшем случае одноосной ориентации приведен на рис. 4.

Далее была рассчитана мощность БС для каждого варианта (табл. 2).

Вариант 1 удовлетворяет условию обеспечения положительного энергобаланса, а также является надежным с точки зрения обеспечения живучести КА (выполняется условие положительного энергобаланса при любой ориентации КА). В варианте 2 сделана попытка уменьшить габариты КА за счет оптимизации электрической цепи. Однако, как показал расчет, при таком варианте не обеспечивается положительный энергобаланс на теневой орбите. В варианте 3 за счет расположения панелей 1–1 и 1–2 под углом $\alpha = 30^\circ$ к осевой линии КА, стало возможным получить выигрыш по мощности, что позволило обеспечить положительный энергобаланс при тех же габаритах, что и во втором варианте. Однако третий вариант имеет существенный недостаток: при сбое в системе ориентации и стабилизации (СОС) может возникнуть ситуация, при которой из-за разворота КА вокруг продольной оси и попадания грани с 8 ФП в ЭГ в положение

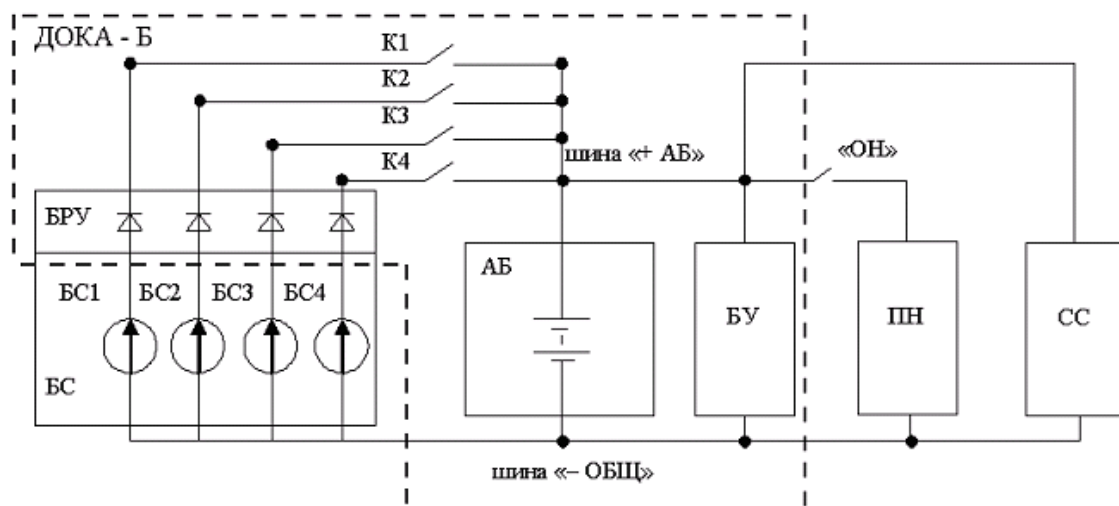


Рис. 2. Структурная схема СЭП первого этапа с общей шиной «БС–АБ–нагрузка»

Таблица 1

Характеристики GaAs+++ ФП в условиях AM0*, $T = 28^\circ\text{C}$

Параметр	Обозначение	Значение
Размеры ФП	$A \times B$, см	40×80
КПД ФП	$\eta_{\text{ФП}}$, %	28,6
Напряжение холостого хода	$U_{\text{хх}}$, В	2,575
Оптимальное напряжение	$U_{\text{опт}}$, В	2,230
Ток короткого замыкания	$I_{\text{кз}}$, А	0,471
Оптимальный ток	$I_{\text{опт}}$, А	0,460

* AM0 – атмосферная масса, равная нулю.

100%-й освещенности не будет обеспечиваться требуемое для заряда АБ напряжение на БС ввиду высокой температуры ФП.

Поэтому с целью обеспечения гарантированного запаса мощности, даже в случае сбоев в ориентации и перехода к одноосному режиму, предпочтительным является вариант 4, представляющий собой разновидность первого варианта при реализации трехосной ориентации КА ребром в плоскости орбиты (табл. 3).

Проектирование базовой СЭП СМКА. При проектировании базовой СЭП СМКА была разработана струк-

турная схема СЭП, оптимизирована работа солнечной и аккумуляторной батарей.

Структурная схема СЭП. Структура СЭП с общей шиной с аппаратурой ДОКА-Б обладает рядом недостатков: большой массой АБ, низкой эффективностью использования БС и низкой стабильностью напряжения.

На втором этапе проектирования ставилась задача разработать базовую СЭП, которая будет лишена этих недостатков.

К базовой СЭП предъявляются следующие требования:

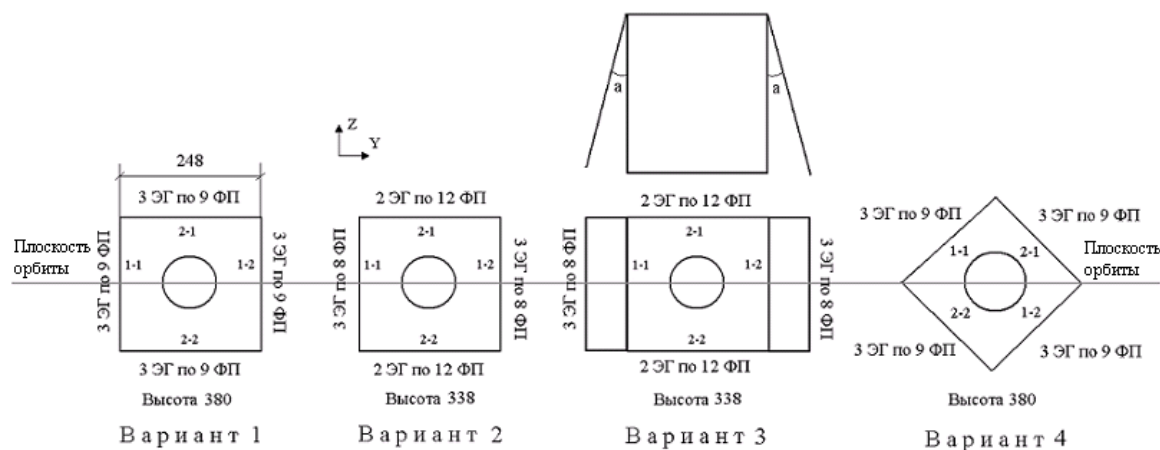


Рис. 3. Расчетные случаи расположения КА на орбите

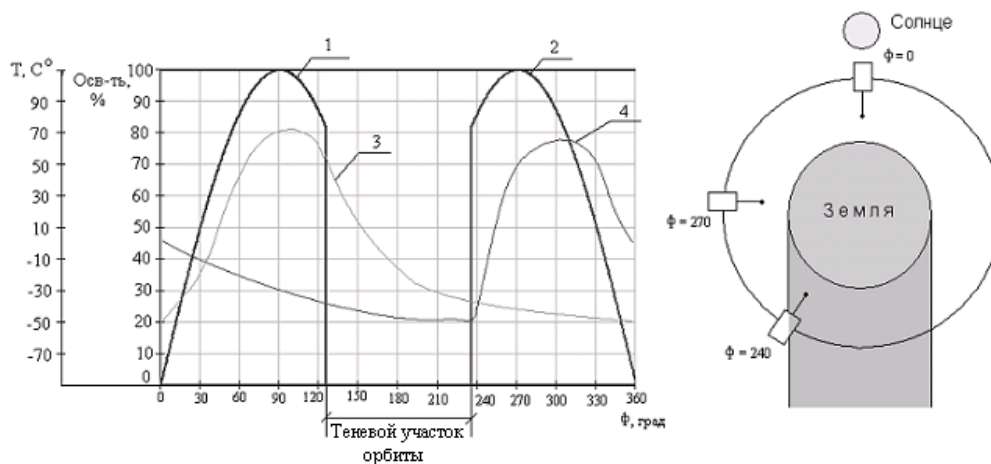


Рис. 4. Изменение освещенности и температуры в зависимости от положения КА на витке:

1 – изменение освещенности первой панели; 2 – изменение освещенности второй панели;

3 – изменение температуры первой панели; 4 – изменение температуры второй панели

Таблица 2

Основные характеристики БС для вариантов 1–4

Вариант БС	Средневитковая мощность БС на теневой орбите, Вт	Мощность БС на солнечной орбите, Вт	Количество во ФП, шт.	Площадь БС, м ²	Масса БС (без каркасов), кг	Выполнение энергобаланса	Тип ориентации
1 Вариант 1	11,3	12,1	108	0,37	0,8	Да	одноосная
2 Вариант 2	10,1	15,2	96	0,33	0,72	Нет	трехосная, по движению грань КА
3 Вариант 3	12,3	15,2	96	0,33	0,72	Да	»
4 Вариант 4	16,1	31,4	108	0,37	0,8	Да	трехосная, по движению ребро КА

- повышение отдаваемой мощности БС;
- снижение массы АБ;
- стабильность напряжения не хуже 5 %;
- обеспечение унификации СЭП.

Вначале производился выбор структуры базовой СЭП.

Отработанная, установленная на ряд КА производства ОАО «ИСС» схема СЭП с экстремальным регулятором мощности (ЭРМ) представлена на рис. 5. Новая, неотработанная схема с мостовым преобразователем, являющаяся модификацией схемы с ЭРМ, приведена на рис. 6 [1; 2].

Характеристики данных структурных схем приведены в табл. 4.

Для СМКА принята схема с мостовыми преобразователями, которая обладает следующими преимуществами перед СЭП первого этапа:

- потенциально более высоким КПД использования БС;

- высокой стабильностью напряжения;
- обеспечением унификации СЭП относительно требований на напряжение нагрузки.

Солнечная батарея. БС для базовой СЭП заимствована из СЭП для первых КА, однако, благодаря работе БС в оптимальной рабочей точке, по сравнению с СЭП первых КА, в базовой СЭП есть выигрыш по мощности БС около 15 %.

Аккумуляторная батарея. Был проведен анализ аккумуляторных батарей, из которого стало ясно, что для АБ базовой СЭП максимально подходят Li-ion аккумуляторы (табл. 5).

Максимально требованиям СМКА удовлетворяет Li-ion аккумулятор космического применения фирмы SAFT марки MPS 126 065 [3] с характеристиками, представленными в табл. 5. Учитывая требования по энергоемкости, для СМКА необходима АБ, состоящая из трех таких аккумуляторов.

Таблица 3

Итоговые характеристики СЭП первых КА

Масса СЭП, кг			Средневитковая мощность БС, Вт				Напряжение	
5,3, в том числе:			Теневая орбита		Солнечная орбита		Номинал, В	Стабильность, %
БС	АБ	БАС*	одноосная	трехосная	одноосная	трехосная	12	41
0,8	3,5	1,0	11,3	16,1	12,1	31,4		

* БАС – блок автоматики и стабилизации.

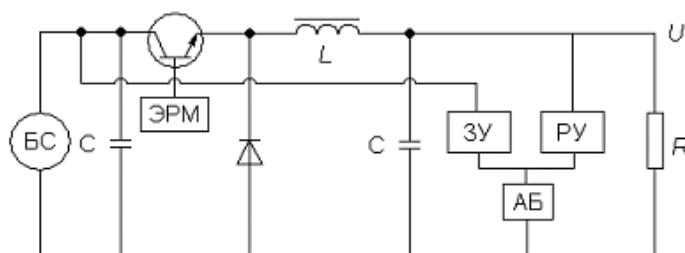


Рис. 5. СЭП с ЭРМ

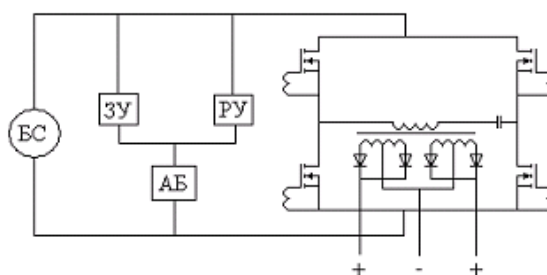


Рис. 6. СЭП с мостовым преобразователем

Таблица 4

Анализ характеристик структурных схем

Тип схемы	КПД БС, %	Стабильное напряжение U , %	Количество номиналов напряжения
СЭП с ДОКА-Б	80	41	1
СЭП с ЭРМ	94	1–3	1
СЭП с мостовым инвертором и ЭРМ	97	1–3	Любое, в зависимости от требований нагрузки

Таблица 5

Основные характеристики аккумуляторов и АБ космического применения

Тип АБ (КА)	Номиналы емкости	Удельная энергия аккумуляторов, Вт · ч/кг	Удельная энергия АБ Вт · ч/кг	Удельная стоимость, руб/Вт · ч
NiCd (SNAP-1)	Любые*	25–50	20–40	1 300
NiH ₂ (Гонец-М)**	> 25 Ач	60–80	48–64	2 700
Li-ion (Cryosat)	Любые*	100–110	80 – 88	3 500

* Есть возможность подобрать для любого типа СЭП КА, включая СЭП СМКА.

** Исходя из ныне существующих типоразмеров, масса всех АБ данного типа свыше 10 кг.

муляторов. Характеристики такой батареи приведены также в табл. 5 (столбец 2). АБ удовлетворяет всем требованиям, однако вследствие большой стоимости, применение ее на СМКА проблематично. Отсутствие более дешевых АБ космического применения, подходящих для использования на МКА, подстегнуло к поиску нестандартного решения. Была рассмотрена возможность использования для базовой СЭП СМКА АБ широкого применения. Характеристики АБ на основе аккумуляторов широкого потребления Duralite 7343 и Duralite 7212 приведены в табл. 6 (столбец 3, 4) [4].

Стоимость таких АБ не превышает 10 000 руб., а начальные удельные характеристики сравнимы с космическими АБ. Это обстоятельство является главным аргументом в пользу установки на таком низкобюджетном проекте, как СМКА, АБ из аккумуляторов широкого применения.

Однако возможность применения промышленных Li-ion аккумуляторов в условиях негерметичного КА требует проведения работ по подтверждению:

- стойкости в условиях механических воздействий при выводе на орбиту;
- стабильности характеристик при циклировании в режимах работы на КА;
- стойкости в условиях воздействия факторов космического пространства (радиация, невесомость, вакуум).

Требуется разработка специальной программы наземной экспериментальной отработки батарей с оконча-

тельным подтверждением работоспособности в летном эксперименте.

Спроектированная базовая СЭП обладает рядом преимуществ относительно стартовой (табл. 7).

Программа летных экспериментов. На СМКА предлагается реализовать 2 вида экспериментов:

- эксперименты в интересах отработки новых технологий для создания задела для будущих КА ОАО «ИСС»;
- эксперименты в интересах разработки базовой СЭП МКА «Студенческий».

В интересах отработки новых технологий предлагается проведение экспериментов по следующим перспективным элементам СЭП:

- модулям ФП с концентраторами на основе линз Френеля;
- модулям ФП с плоскими концентраторами;
- новым типам ФП (в том числе на основе аморфного кремния);
- новым типам АБ (отработка Li-polymer АБ);
- техническим решениям в части блока автоматики и стабилизации СЭП, например, балансировка АБ на заряде (индивидуальный заряд каждого аккумулятора).

В интересах разработки бортовой СЭП предлагается отработка решений мостовых схем регулирования напряжения и АБ из аккумуляторов широкого потребления.

Таким образом, в результате проведения работы была спроектирована БС для СЭП первых СМКА, спроектирована базовая СЭП, обладающая более высокими характе-

Таблица 6

Характеристики аккумуляторов и АБ для СМКА

Характеристики	Аккумуляторы космического применения	Аккумуляторы широкого потребления	
	SAFT MPS 126065	Duralite 7434	Duralite 7212
Аккумуляторы			
Тип	Li-ion	Li-ion	Li-ion
Емкость, Ач	5,6	4,3	1,9
Разрядное напряжение, В	3,8	3,7	3,7
Начальная энергоемкость, Вт · ч	20	15,91	7,03
Масса, кг	0,15	0,102	0,061
Удельная энергоемкость, Вт · ч/кг	133,3	156	115,2
Стоимость, руб.	100 000	1 400	700
Батареи			
Состав	3 аккумулятора	2 АБ по 3 аккумулятора	2 АБ по 6 аккумуляторов
Начальная энергоемкость, Вт · ч	127,7	95,5	84,36
Разрядное напряжение, В	11,4	11,1	22,2
Масса, кг (с учетом 20 % запаса на корпус)	0,54	0,75	0,88
Удельная энергоемкость, Вт · ч/кг	111	126	95,9
Стоимость, руб. (с учетом 20 % запаса на корпус)	360 000	10 000	10 000

Таблица 7

Характеристики стартовой и базовой СЭП

Система электропитания	Характеристики схемы		Характеристики АБ	Характеристики БС	
	Стабильное напряжение U , %	Количество номинального напряжения U , В	Масса, кг	Площадь, м ²	Средневытянутая мощность P на теневой орбите, Вт
СЭП первых КА	30	1	3,5	0,37	16,1 (11,3 [*])
Базовая СЭП	1	Любое	0,7–0,8	0,37	19,0 (13,0 [*])

* – в худшем случае, при нарушении ориентации СЭП.

ристиками, предложена программа летной отработки перспективных элементов СЭП.

Библиографический список

1. Структурная схема и схемотехнические решения комплексов автоматики и стабилизации СЭП негерметичного геостационарного КА с гальванической развязкой бортовой аппаратуры от солнечных и аккумуляторных батарей / С. А. Поляков, А. И. Чернышев, В. О. Эльман,

В. С. Кудряшов; НПП «Полус» ; НПО ПМ им. ак. М. Ф. Решетнева. Железногорск, 2001.

2. Birchenough, G. The series connected buck boost regulator for high efficiency DC voltage regulation / G. Birchenough ; NASA. Glenn Research Center Cleveland, 2003.

3. Сайт The Saft Group [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.saftbatteries.com/>. Загл. с экрана.

4. Интернет-магазин «Икс-моделс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xmodels.ru/catalog/>. Загл. с экрана.

P. I. Melnikov, R. V. Kozlov, V. S. Kudryashov

POWER SUPPLY SYSTEM OF SMALL SATELLITE «STUDENT»

Interpretation results in designing power supply system of small satellite «Student» are expounded.

Keywords: power supply system, extreme regulation of power, bridge inverter, Li-ion battery, concentrators.

© Мельников П. И., Козлов Р. В., Кудряшов В. С., 2009

УДК 621.375.54

А. М. Михеенко, С. С. Абрамов, И. И. Резван

К АНАЛИЗУ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Выполнен обобщенный анализ ключевого генератора высокой частоты, который позволяет оценить энергетические показатели генератора в широком диапазоне частот и параметров схемы.

Ключевые слова: бортовые устройства радиосвязи, генераторы класса «Д», энергетическая эффективность генератора.

В условиях освоения космических программ остро встает проблема обеспечения энергоресурсами автономных объектов, предназначенных для длительного пребывания на орбите или в межпланетном пространстве. Одним из путей обеспечения длительной работоспособности космических объектов является повышение энергетической эффективности основных потребителей бортовых электронных систем. В частности, это относится к мощным генераторным устройствам средств радиосвязи.

В мощных радиоустройствах достаточно широко использовался «бигармонический режим» генератора. С появлением мощной твердотельной электроники применение нашли двухтактные схемы последовательных резонансных инверторов (генераторы класса «Д») [1].

Возможность повышения КПД и мощности была обнаружена при работе генератора на расстроенную нагрузку еще в 1960-е гг. Е. П. Хмельницким [2]. Генераторы аналогичного типа в зарубежной литературе получили условное название «генератор класса Е», а в отечественной – «ключевой генератор с формирующим контуром» [3]. Несмотря на то что генераторы класса «Е» обеспечивают высокий КПД на предельных для ключевого режима час-

тотах, в силу ряда причин их применение ограничивается пока стадией эксперимента. Цель настоящей работы – провести анализ энергетической эффективности генератора с формирующим контуром в самом общем виде, в широком диапазоне частот и параметров схемы.

Анализ схемы генератора. Упрощенная схема исследуемого генератора представлена на рис. 1.

Полагая, что отпирание и запирающее активное элемента (АЭ) полностью определяется управляющим напряжением U_y , представим исследуемый генератор двумя эквивалентными схемами, отражающими процессы в генераторе при открытом и закрытом состоянии АЭ, где $u_k = U_k \sin(\tau + \varphi)$; $\tau = \omega t$; 2θ – угол, соответствующий времени, в течение которого АЭ находится в открытом состоянии; i_{L1} , i_L – токи во внешней цепи генератора, для соответствующих эквивалентных схем.

Дифференциальные уравнения для эквивалентных схем принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{d^2 i_L}{d\tau^2} + \frac{1}{r\omega C} \frac{di_L}{d\tau} + v^2 i_L = \\ = \frac{v^2 E}{r} - u_k \left(\frac{v^2 \sin(\tau + \varphi)}{r} + \frac{\cos(\tau + \varphi)}{\omega L} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{d^2 i_{L1}}{d\tau^2} + v^2 i_{L1} = -\frac{u_k}{\omega L} \cos(\tau + \varphi). \quad (2)$$

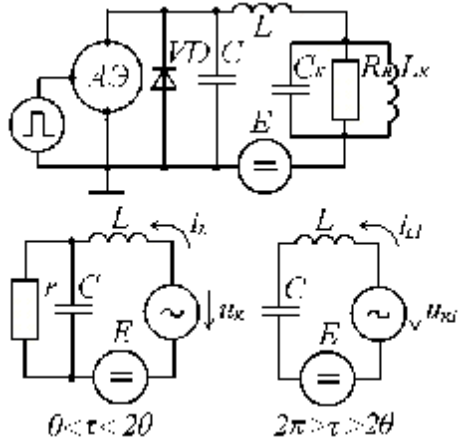


Рис. 1. Схема генератора: АЭ – активный элемент (транзистор, лампа), работающий в режиме «ключа»; VD – диод, обеспечивающий рекуперацию энергии реактивных элементов при «фазомкнутом ключе»; L, C – элементы контура, определяющие форму напряжения на АЭ; R_к, C_к – нагрузочный контур, настроенный на частоту управляющего напряжения

Решение этих уравнений может быть записано в следующем виде:

$$i = \sigma + \xi \varepsilon_1 \cos(\tau + \varphi) - \xi \varepsilon_2 \sin(\tau + \varphi) + I_{11} e^{p_1 \tau} + I_{12} e^{p_2 \tau} \dots, \quad (3)$$

$$i_1 = I_{21} \cos v(\tau - 2\theta) + I_{22} \sin v(\tau - 2\theta) - \frac{1}{v^2 - 1} \xi \cos(\tau + \varphi), \quad (4)$$

$$U = -\xi \varepsilon_1 \sin(\tau + \varphi) - \xi \varepsilon_2 \cos(\tau + \varphi) + p_1 I_{11} e^{p_1 \tau} + p_2 I_{12} e^{p_2 \tau}, \quad (5)$$

$$U_1 = v I_{22} \cos v(\tau - 2\theta) - v I_{21} \sin v(\tau - 2\theta) + \frac{1}{v^2 - 1} \xi \sin(\tau + \varphi), \quad (6)$$

где $i = i_L \frac{\omega L}{E}$, $i_1 = i_{L1} \frac{\omega L}{E}$, $u = \frac{L}{E} \frac{di_L}{d\tau}$, $u_1 = \frac{L}{E} \frac{di_{L1}}{d\tau}$;

$p_1 = -\frac{1}{\omega r C}$, $p_2 = -\frac{1}{\sigma}$ – корни характеристического уравнения (1); $v^2 = \frac{1}{\omega^2 LC}$, $\sigma = \frac{\omega L}{r}$, $\xi = \frac{U_k}{E}$,

$\varepsilon_1 = \frac{p_1^2 - (v^2 - 1)}{p_1 + (v^2 - 1)^2}$, $\varepsilon_2 = \frac{\sigma v^4}{p_1^2 + (v^2 - 1)^2}$; I_{11} ; I_{12} ; I_{21} ; I_{22} – постоянные интегрирования.

Полагая режим генератора установившимся, определим постоянные интегрирования, используя принцип непрерывности тока в индуктивности и напряжении на емкости контура LC:

$$i(0) = i_1(2\pi); \quad i(2\theta) = i_1(2\theta), \quad (7)$$

$$u_c = u_{c1}(2\pi); \quad u_c(2\theta) = u_{c1}(2\theta), \quad (8)$$

где

$$u_c = E - u_k - u_L. \quad (9)$$

На основании формул (3)–(6) при условиях (7)–(9) получим

$$\begin{aligned} I_{11} &= A_1 + \xi(B_{11} \sin \varphi + B_{12} \cos \varphi); \\ I_{12} &= A_2 + \xi(B_{21} \sin \varphi + B_{22} \cos \varphi); \\ I_{21} &= A_3 + \xi(B_{31} \sin \varphi + B_{32} \cos \varphi); \\ I_{22} &= A_4 + \xi(B_{41} \sin \varphi + B_{42} \cos \varphi) \end{aligned} \quad (10)$$

где $A_1 = \frac{a_2 b_3 - a_3 b_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$, $B_{11} = \frac{a_2 b_{41} - a_{41} b_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$, $B_{22} = \frac{a_{42} b_1 - a_1 b_{42}}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$;

$A_2 = \frac{a_3 b_1 - a_1 b_3}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$, $B_{12} = \frac{a_2 b_{42} - a_{42} b_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$, $B_{21} = \frac{a_{41} b_1 - a_1 b_{41}}{a_1 b_2 - a_2 b_1}$;

$a_1 = 1 - e^{2p_1 \theta} \cdot \cos 2v(\pi - \theta) - \frac{P_1}{v} e^{2p_1 \theta} \sin 2v(\pi - \theta)$;

$a_2 = 1 - e^{2p_2 \theta} \cdot \cos 2v(\pi - \theta) - \frac{P_1}{v} e^{2p_2 \theta} \sin 2v(\pi - \theta)$;

$a_3 = \sigma[1 - \cos 2v(\pi - \theta)]$;

$a_{41} = -\varepsilon_2 + q_1 \cdot \cos 2v(\pi - \theta) + \frac{1}{v} q_2 \cdot \sin 2v(\pi - \theta)$;

$a_{42} = \varepsilon_2 - q_2 \cdot \cos 2v(\pi - \theta) + \frac{1}{v} q_1 \cdot \sin 2v(\pi - \theta)$;

$b_1 = -p_1[1 - e^{2p_1 \theta} \cdot \cos 2v(\pi - \theta) + \frac{P_2}{v} e^{2p_1 \theta} \cdot \sin 2v(\pi - \theta)]$;

$b_2 = -p_2[1 - e^{2p_2 \theta} \cdot \cos 2v(\pi - \theta) + \frac{P_2}{v} e^{2p_2 \theta} \cdot \sin 2v(\pi - \theta)]$;

$b_3 = -\frac{P_1}{v} \sin 2v(\pi - \theta)$; $\varepsilon_3 = \varepsilon_1 + \frac{1}{v^2 - 1}$;

$b_{41} = \varepsilon_2 - q_1 \cdot \cos 2v(\pi - \theta) + v q_2 \cdot \sin 2v(\pi - \theta)$;

$A_3 = \sigma + A_1 e^{2p_1 \theta} + A_2 e^{2p_2 \theta}$; $A_4 = \frac{P_1}{v} A_1 e^{2p_1 \theta} + \frac{P_2}{v} A_2 e^{2p_2 \theta}$;

$B_{31} = B_{11} e^{2p_1 \theta} + B_{21} e^{2p_2 \theta} - q_1$; $q_1 = (\varepsilon_3 \sin 2\theta + \varepsilon_2 \cos 2\theta)$;

$B_{32} = B_{12} e^{2p_1 \theta} + B_{22} e^{2p_2 \theta} - q_2$; $q_2 = (\varepsilon_3 \cos 2\theta - \varepsilon_2 \sin 2\theta)$;

$B_{41} = \frac{1}{v}(p_1 B_{11} e^{2p_1 \theta} + p_2 B_{21} e^{2p_2 \theta} - q_2)$;

$B_{42} = \frac{1}{v}(p_1 B_{12} e^{2p_1 \theta} + p_2 B_{22} e^{2p_2 \theta} - q_1)$.

Подставляя значения постоянных интегрирования формулы (10) в уравнения (3)–(6), получим описание тока и напряжения на индуктивности в установившемся режиме генератора.

Энергетические показатели генератора. Для определения энергетических показателей генератора необходимо определить ток первой гармоники в нагрузке и ток, потребляемый от источника питания:

$$I_1 = \sqrt{I_{1s}^2 + I_{1c}^2} = \frac{I_{1s}}{\cos \varphi} = \frac{I_{1c}}{\sin \varphi}, \quad (11)$$

где $\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_{1c}}{I_{1s}}$,

$$\begin{aligned} I_{1s} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{2\theta} i_L \sin \tau d\tau + \frac{1}{\pi} \int_{2\theta}^{2\pi} i_{L1} \sin \tau d\tau = \\ &= \frac{E}{\pi \omega L} \left(\int_0^{2\theta} i \sin \tau d\tau + \int_{2\theta}^{2\pi} i_1 \sin \tau d\tau \right) = \\ &= \frac{E}{\pi \omega L} [A_5 + \xi(B_{51} \sin \varphi + B_{52} \cos \varphi)]; \end{aligned} \quad (12)$$

$$I_{1c} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\theta} i_L \cos \tau d\tau + \frac{1}{\pi} \int_{2\theta}^{2\pi} i_{L1} \cos \tau d\tau = \quad (16)$$

$$\eta = \frac{1}{2} \xi \frac{I_1}{I_0}.$$

$$= \frac{E}{\pi \omega L} [A_6 + \xi(B_{61} \sin \varphi + B_{62} \cos \varphi)].$$

При этом параметры $A_5, A_6, B_{51}, B_{52}, B_{61}, B_{62}$ определяются следующими выражениями:

$$A_5 = \frac{1}{\pi} [\sigma(1 - \cos 2\theta) + \frac{A_1}{1 + p_1^2} d_{12} + \frac{1}{v^2 - 1} (A_3 d_{13} + A_4 d_{14})],$$

$$B_{51} = \frac{1}{v^2 - 1} + \frac{1}{\pi} [\varepsilon_3 (\frac{\sin 4\theta}{4} - \theta) + \varepsilon_2 (\frac{\cos 4\theta}{4} - \frac{1}{4}) + \frac{B_{11}}{1 + p_1^2} d_{11} + \frac{B_{21}}{1 + p_2^2} d_{12} + \frac{1}{v^2 - 1} (B_{31} d_{13} + B_{41} d_{14})],$$

$$B_{52} = \frac{1}{\pi} [\varepsilon_2 (\frac{\sin 4\theta}{4} - \theta) - \varepsilon_3 (\frac{\cos 4\theta}{4} - \frac{1}{4}) + \frac{B_{11}}{1 + p_1^2} d_{11} + \frac{B_{22}}{1 + p_2^2} d_{12} + \frac{1}{v^2 - 1} (B_{32} d_{13} + B_{42} d_{14})],$$

где $d_{11} = 1 - e^{2p_{10}} (\cos 2\theta - p_1 \sin 2\theta)$; $d_{12} = 1 - e^{2p_{20}} (\cos 2\theta - p_2 \sin 2\theta)$;
 $d_{13} = \cos 2v(\pi - \theta) - \cos 2\theta$; $d_{14} = \sin 2v(\pi - \theta) + v \sin 2\theta$;

$$A_6 = \frac{1}{\pi} [\sigma \sin 2\theta + \frac{A_1}{1 + p_1^2} d_{21} + \frac{A_2}{1 + p_2^2} d_{22} + \frac{1}{v^2 - 1} (A_3 d_{23} + A_4 d_{24})],$$

$$B_{61} = \frac{1}{\pi} [\varepsilon_3 (\frac{\cos 4\theta}{4} - \frac{1}{4}) - \varepsilon_2 (\frac{\sin 4\theta}{4} + \theta) + \frac{B_{11}}{1 + p_1^2} d_{21} + \frac{B_{21}}{1 + p_2^2} d_{22} + \frac{1}{v^2 - 1} (B_{31} d_{23} + B_{41} d_{24})],$$

$$B_{62} = -\frac{1}{v^2 - 1} + \frac{1}{\pi} [\varepsilon_2 (\frac{\sin 4\theta}{4} + \theta) + \varepsilon_3 (\frac{\cos 4\theta}{4} - \frac{1}{4}) + \frac{B_{12}}{1 + p_1^2} d_{21} + \frac{B_{22}}{1 + p_2^2} d_{22} + \frac{1}{v^2 - 1} (B_{32} d_{23} + B_{42} d_{24})],$$

где $d_{21} = -p_1 + e^{2p_{10}} (p_1 \cos 2\theta + \sin 2\theta)$;

$d_{22} = -p_2 + e^{2p_{20}} (p_2 \cos 2\theta + \sin 2\theta)$; $d_{23} = v \sin 2v(\pi - \theta) + \sin 2\theta$;
 $d_{24} = \cos 2\theta - \cos 2v(\pi - \theta)$.

Ток, потребляемый от источника, определяется как

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\theta} \frac{U_c}{r} d\tau = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\theta} \frac{E - U_k - U_L}{r} d\tau = \quad (14)$$

$$= \frac{E_a}{2\pi \omega L} \int_0^{2\theta} \sigma [1 - \xi \sin(\tau + \varphi) - u] d\tau,$$

где u определено выражением (5).

Результат интегрирования в выражение (14) следующий:

$$I_0 = \frac{E_a \sigma}{2\pi \omega L} \{2\theta + \xi [\cos(2\theta + \varphi) - \cos \varphi] (1 - \varepsilon_1) + \xi \varepsilon_2 [\sin(2\theta + \varphi) - \sin \varphi] + I_{11} (1 - e^{2p_{10}}) + I_{12} (1 - e^{2p_{20}})\}. \quad (15)$$

Коэффициент полезного действия на первой гармонике определяется известным соотношением [3]:

Поскольку $\xi = \frac{U_k}{E} = \frac{I_1 R_n}{E} = \frac{I_{1s} R_n}{\cos \varphi}$, то согласно выражению (12)

$$\xi = \frac{R_n [A_5 + \xi (B_{51} \sin \varphi + B_{52} \cos \varphi)]}{\omega L \cos \varphi}. \quad (17)$$

С другой стороны,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_{1c}}{I_{1s}} = \frac{A_6 + \xi (B_{61} \sin \varphi + B_{62} \cos \varphi)}{A_5 + \xi (B_{51} \sin \varphi + B_{52} \cos \varphi)}. \quad (18)$$

Система трансцендентных уравнений (17), (18) позволяет определить искомое значение ξ .

В качестве примера, с помощью ПЭВМ был выполнен расчет КПД генератора для частного случая $\theta = 90^\circ$ и $R_n = 5r$.

Зависимость КПД генератора от частоты и параметров LC контура на плоскости переменных p_1, p_2 приведена на рис. 2.

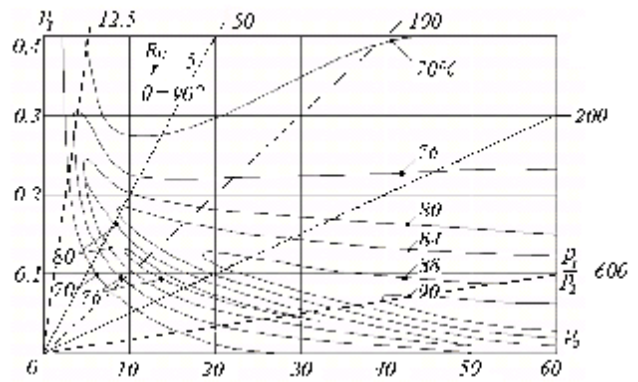


Рис. 2. КПД генератора

В первом приближении $|p_1| \approx \frac{1}{\omega r C}$; $|p_2| = \frac{r}{\omega L}$;

$$p_1 p_2 = \frac{\omega_0}{\omega}; \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Частотные характеристики КПД генератора можно получить построением поверхности (рис. 2) плоскостями, соответствующими конкретным значениям отношения

$\frac{p_2}{p_1}$; графики КПД в функции от $\frac{1}{p_2} = \frac{\omega L}{r}$ представлены на рис. 3, где также рассмотрен частный случай $\theta = 90^\circ$ и $R_n = 5r$.

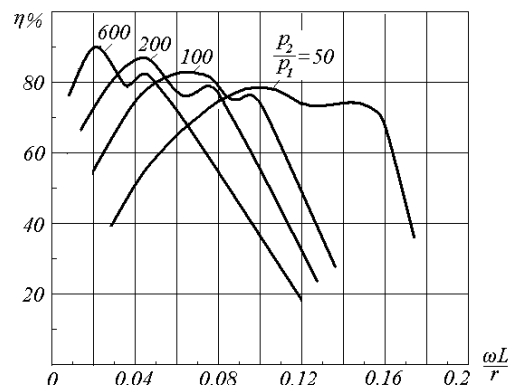


Рис. 3. Частотные характеристики генератора

Из проведенного анализа следует, что непосредственные расчеты энергетических показателей генератора весьма трудоемки из-за громоздких выкладок и невозможности аналитического решения системы уравнений (17), (18).

Поэтому в каждом конкретном случае целесообразно прибегнуть к численным методам с использованием вычислительной техники.

На основании приведенного примера можно сделать вывод о возможности значительного повышения электронного КПД генератора по сравнению с обычными усилителями мощности, КПД которых на высоких частотах не превышает 40–60 %.

Библиографический список

1. Дмитриков, В. Ф. Высокоэффективные формирователи гармонических колебаний / В. Ф. Дмитриков, Н. Б. Петяшин, М. А. Сиверс. М. : Радио и связь, 1988.
2. Хмельницкий, Е. П. Работа лампового генератора на расстроенный контур / Хмельницкий. М. : Связьиздат. 1962.
3. Артым, А. Д. Усилители классов D и ключевые генераторы в радиосвязи и радиовещании / А. Д. Артым. М. : Связь, 1980.

A. M. Miheenko, S. S. Abramov, I. I. Rezvan

TO THE POSSIBILITY ANALYSIS OF POWER EFFICIENCY OF GENERATING DEVICES INCREASE FOR ON-BOARD RADIO-ELECTRONIC TOOLS

In an offered material the generalized analysis of the key generator of high frequency which allows to estimate power indicators of the generator in a wide range of frequencies and scheme parameters is done.

Keywords: on-board radio tools, D-class generator, power efficiency of the generator.

© Михеенко А. М., Абрамов С. С., Резван И. И., 2009

УДК 681.3

И. В. Ковалев, Ю. А. Нургалева, С. Н. Грищенко, А. В. Усачев

К ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Рассмотрена постановка задачи, а также этапы и процедуры формирования структуры автоматизированной системы управления летательными аппаратами. Рациональный вариант структуры системы выбран с использованием оптимизационных и имитационных моделей.

Ключевые слова: система управления, летательный аппарат, структура, выбор варианта.

Важной проблемой при создании систем управления, и в частности, автоматизированных систем управления летательными аппаратами (АСУ ЛА) является выбор их структуры, которая определяет состав элементов системы с соответствующими взаимосвязями и с учетом динамики их функционирования [1].

Анализ различных подходов к формированию структуры подобных систем [2–4] показал, что задачи формирования могут быть разбиты на две группы. К первой относятся задачи, связанные с формированием топологической структуры системы, состоящей в определении состава, территориального расположения и типа управляющих узлов на всех уровнях иерархии системы и каналов связи между ними. Ко второй группе относятся проблемы формирования функциональной структуры системы, т. е. распределение функций управления между узлами системы, включая объект управления и распределение технических средств по узлам системы.

Таким образом, проблема формирования структуры АСУ ЛА включает формирование структуры управляемой системы, т. е. определение оптимального состава и взаимосвязей ее элементов, оптимального разбиения множества управляемых объектов на отдельные подмножества, обладающие заданными характеристиками; формирование структуры управляющей системы, т. е. выбор числа уровней и подсистем (иерархии управления), способов согласования целей подсистем различных уровней; оптимальное распределение выполняемых функций между уровнями и узлами системы; выбор структуры системы передачи, обработки и обмена информации.

Решение задач, связанных с рациональным построением структур АСУ ЛА, требует создания методологических основ формализации элементов и системы в целом, методов декомпозиции системы на подсистемы, построения формализованных моделей и методов формирования структуры АСУ ЛА, многомашинных комп-

лексов и сетей связи. В работе основное внимание уделяется развитию методологии формирования структуры автоматизированных систем управления летательными аппаратами на базе сочетания оптимизационных и имитационных моделей, позволяющих учитывать динамику функционирования системы управления и ее элементов на этапе выбора структуры.

Постановка задачи. Под структурой системы, а именно АСУ ЛА, понимается организация системы из отдельных элементов с их взаимосвязями, которые определяются распределением функций и целей, выполняемых системой. Таким образом, структура – это способ организации целого из составных частей. Структура системы отражает строение и внутреннюю форму организации, относительно устойчивые взаимоотношения и взаимосвязи элементов системы. Сложные системы обладают большим числом элементов, свойств, связей между элементами, поэтому единое описание структурных аспектов системы является сложной теоретической и практической задачей.

Задачи формирования структуры тесно взаимосвязаны с задачами оптимизации функционирования систем. Характер взаимодействия между управляющими подсистемами и распределение функций между ними во многом определяются принятыми принципами и алгоритмами управления, степенью централизации при выработке управляющих воздействий и при их осуществлении, согласованностью целей подсистем различного уровня и другими факторами.

В общем случае проблемы оптимизации функционирования иерархических систем управления тесно связаны с проблемами выбора состава узлов системы, числа уровней управления, распределения функций и т. д. Поэтому возникает задача формирования оптимальной структуры, включающей выбор принципов и алгоритмов функционирования системы. Эти проблемы тесно взаимосвязаны, поскольку с изменением структуры меняется система целевых функций и внутренние связи.

Учет динамики функционирования АСУ ЛА на этапе формирования ее структуры приводит к необходимости совместного использования оптимизационных и имитационных моделей, поскольку для формализации динамики функционирования системы управления для большей части практических задач могут быть использованы лишь методы имитационного моделирования.

При этом возникают проблемы рационального сочетания таких моделей для получения оптимальных (рациональных) вариантов построения структуры АСУ ЛА. Подобный подход приводит к специфическим итеративным процедурам поиска рациональных вариантов структуры системы с использованием оптимизационных и имитационных моделей, позволяющих в процессе формирования конструировать, оценивать и отбирать рациональные варианты структуры.

В работах [5; 6] указывается, что при оптимизации структуры сложных систем, задачи формирования, учитывающие динамику функционирования элементов системы, только в простейших случаях могут быть решены аналитическими методами. Использование имитационных моделей позволяет учесть на этапе анализа и форми-

рования структуры АСУ ЛА не только статические взаимосвязи между элементами системы, но и динамические аспекты функционирования системы.

Возникающие при этом задачи приводят к моделям, в которых критерии, подлежащие оптимизации, и ограничения, накладываемые на параметры системы, задаются в произвольном виде: вербально, графиками, моделирующими алгоритмами, таблицами данных, полученных экспериментально, и пр., т. е. задаются неаналитически.

Учет динамических и стохастических аспектов функционирования АСУ ЛА на этапах анализа и формирования их структур приводит к необходимости совместного использования оптимизационных и имитационных моделей. Это объясняется тем, что для формализации динамических и стохастических аспектов функционирования элементов АСУ ЛА и их совокупностей могут быть использованы лишь имитационные модели.

Метод решения. С математической точки зрения рассматриваемые задачи относятся к классу задач математического программирования, в которых ряд ограничений задан не в явном виде, а алгоритмически.

Предлагается следующий алгоритм решения задачи формирования структуры АСУ ЛА. Обозначим через β' множество вариантов структур, допустимых по ограничениям на атрибуты, заданные в аналитической форме, а через β'' – множество вариантов структур, допустимых по ограничениям на атрибуты, заданные алгоритмически, т. е. выполнение этих ограничений может быть проверено лишь в ходе имитационного моделирования. Тогда пространство допустимых вариантов структур $\beta = \beta' \cap \beta''$.

Модели задач формирования в зависимости от способа задания целевой функции и пространства допустимых вариантов структуры АСУ ЛА β могут быть разбиты на классы, где целевая функция может быть задана либо аналитически, либо алгоритмически. При этом пространство β может быть задано аналитически, алгоритмически, аналитически и алгоритмически.

В зависимости от класса модели формирования могут быть использованы различные процедуры поиска оптимального варианта структуры, отличающиеся друг от друга способом генерации вариантов структуры, правилами проверки аналитически и алгоритмически заданных атрибутов и способом перехода к следующему шагу.

Для решения задач формирования структуры АСУ ЛА предлагается оптимизационно-имитационный подход, основанный на совместном использовании оптимизационных и имитационных моделей в процессе поиска оптимальных вариантов структуры.

Этапы аналитико-имитационной процедуры формирования базового множества структур АСУ ЛА с заданным набором атрибутов для многоатрибутивного выбора лучшего варианта структуры следующие:

Этап 1. Генерация варианта структуры системы X_i , $i = 1, \dots, m$ с заданным набором атрибутов A_j , $j = 1, \dots, l$.

Этап 2. Проверка допустимости варианта структуры по аналитически заданным атрибутам. Если $X_i \in \beta$, то происходит переход к этапу 3, иначе – к этапу 1.

Этап 3. Проведение машинного эксперимента с имитационной моделью системы η_{X_i} для допустимого по аналитически заданным атрибутам варианта структуры

X_i . Модель η отображает функционирование моделируемой системы для различных вариантов структуры. Между этапами 1 и 3 организуется информационный интерфейс для передачи данных об исследуемом варианте структуры X_i .

Этап 4. Проверка допустимости варианта структуры X_i алгоритмически заданным атрибутам. Если $X_i \in \beta$, то происходит переход к этапу 5, иначе – к этапу 1.

Этап 5. Запоминание варианта структуры, допустимого по аналитически и алгоритмически заданным атрибутам.

Этап 6. Проверка того, все ли варианты структуры проанализированы. Если нет, то происходит переход к этапу 1. В противном случае – выдача полученных результатов и окончание работы алгоритма.

В работе рассматриваются вопросы применения имитационного моделирования и оптимизационно-имитационного подхода к решению задач формирования структур АСУ ЛА как к распределенным информационно-управляющим системам. АСУ ЛА представляет собой распределенные в пространстве многофункциональные совокупности стационарных и подвижных элементов с развитыми техническими средствами приема, передачи и обработки информации.

В общем случае, АСУ ЛА обладают следующими характерными особенностями: распределенностью, подвижностью элементов, наличием зон доступности, быстрой реакцией, недопустимостью потерь информации, живучестью системы. Перечисленные особенности значительно усложняют задачу построения моделей и алгоритмов формирования структуры системы.

Проблема структурного построения АСУ ЛА включает определение элементов и подсистем в пространстве; выбор комплекса технических средств, обеспечивающих выполнение функций управления с учетом пространственного размещения комплекса и доступности узлов; распределение множества выполняемых функций по узлам системы с учетом взаимосвязи по технологии обработки информации и управления. При этом должны быть выполнены различные требования к качеству управления в системе.

Задача состоит в рациональном отображении множества взаимосвязанных функций, выполняемых системой управления, на множество взаимосвязанных узлов с соответствующими техническими средствами с учетом затрат на создание или реконструкцию системы, затрат на эксплуатацию и функционирование, требований оперативности управления, надежности технических средств, живучести и глобальности системы управления и других характеристик.

Возникающие при этом математические постановки задач формирования структуры системы могут быть формализованы с использованием дискретных переменных различного уровня детализации системы. Анализ задач формирования структуры АСУ ЛА показал, что для них целесообразно выделять следующие уровни детализации построения системы: выбор состава и топологии наземных пунктов управления, выбор варианта их защищенности от внешних воздействий и выбор комплексов технических средств в узлах, выбор варианта распределе-

ния функций и задач управления между выбранными узлами управления и техническими средствами.

Данная задача представляет собой сложную комбинаторную проблему, решение которой на практике затруднено из-за ее большой размерности. С учетом этой особенности задачи предложена и реализована итеративная схема взаимодействия моделей и алгоритмов при формировании топологической и функциональной структуры АСУ ЛА (см. рисунок).

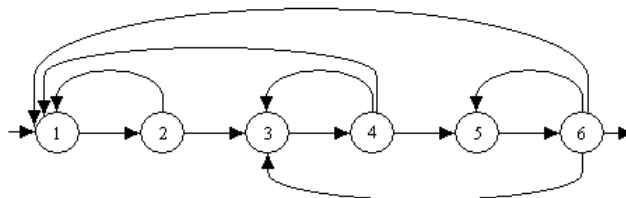


Схема взаимодействия моделей и алгоритмов при формировании топологической и функциональной структуры АСУ ЛА: 1–6 – блоки

На первом этапе (блок 1) решается задача выбора структуры АСУ ЛА с учетом затрат на организацию управляющих узлов, доступность и глобальность управления различными классами ЛА. Для определения допустимости сформированного варианта структуры АСУ ЛА по алгоритмически заданным атрибутам предназначена имитационная модель (блок 2).

В блоках 3, 4 для выбранной совокупности пунктов управления и их взаимосвязей определяются варианты построения узлов и связей между ними, обеспечивающие повышение живучести системы, определяемой вероятностью выполнения системой функций управления с учетом возможных неблагоприятных внешних воздействий.

Для детального учета вероятностных характеристик функционирования сгенерированных вариантов построения и обеспечения живучести системы предназначен комплекс имитационных моделей (блок 4), который позволяет анализировать функционирование системы при различных величинах интенсивности и для различных законов распределения выхода из строя элементов системы (узлов управления, каналов связи и др.).

В соответствии с общей методологией формирования структуры сложных систем генерирование управляющих узлов или пунктов управления для детального анализа и выбора осуществляется с помощью моделей оптимизации (блок 3). В работе для решения задачи оптимизации используется модифицированный метод многоатрибутивного принятия решений на базе процедуры TOPSIS [2].

На последующих этапах синтеза (блоки 5, 6) для найденного множества узлов управления и вариантов их реализации, работающих с объектами различных классов, и заданных функций управления по каждому классу объектов определяется оптимальное распределение задач взаимосвязанных подсистем по уровням и узлам системы и выбирается состав комплекса технических средств. Функции управления задаются в виде множества задач, выполняемых различными подсистемами (контурами) управления.

Задача синтеза функциональной структуры системы формализуется как нелинейная задача математического

программирования с целочисленными переменными (блок 5). Для определения характеристик и выделения вариантов построения отдельных контуров управления в блоке 5 используется известная модель оптимизации структуры контура управления.

Исследование динамики функционирования полученных вариантов структуры АСУ ЛА проводится с помощью имитационной модели (блок 6).

Топологическая структура АСУ ЛА определяет взаимное расположение и количество пунктов управления (ПУ) системы для заданных классов ЛА. Задача формирования топологической структуры АСУ ЛА заключается в следующем: для заданных множеств ЛА различных классов $E_{ЛА}$, множества участков возможной доступности L , графика движения G_k и программы работ Π_k ЛА каждого класса необходимо найти минимальную по затратам на создание совокупность ПУ, чтобы при этом выполнялись требования к управляемости и коэффициенту доступности для заданных классов ЛА, загрузке ПУ, специальные требования к системе (например, доступность на одном витке ЛА не менее чем двумя ПУ, минимально допустимое время нахождения ЛА в зоне какого-либо ПУ и т. д.). В результате решения данной задачи формирования определяется, какие ПУ необходимы в системе и с какими классами ЛА они будут взаимодействовать.

Для формализации задачи формирования топологической структуры АСУ дополнительно введем следующие обозначения: N_k – количество ЛА k -го класса; θ_{kl} – время доступности ЛА k -го класса на l -м участке возможной доступности; c_j – затраты на создание j -го ПУ; $\tau_{k \min}$ – минимально допустимая продолжительность одного сеанса связи для ЛА k -го класса; R_k – минимальное число ПУ, необходимых для управления ЛА k -го класса; $L_{\mu k}$ – множество смежных участков доступности из L_k с непрерывным временем доступности для ЛА k -го класса; H_k – коэффициент доступности ЛА k -го класса, который определяется отношением общего времени доступности ЛА k -го класса $\tau_k = \sum_{j \in J_k} \tau_{kj}$ ко времени

нахождения ЛА k -го класса над заданной территорией.

Введем следующие переменные:

$$z_j = \begin{cases} 1, & \text{если в системе будет использован } j\text{-й ПУ;} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$y_l = \begin{cases} 1, & \text{если в системе будет использован} \\ & l\text{-й участок возможной доступности;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Модель формирования топологической структуры системы имеет вид

$$\sum_{j \in J} c_j z_j \rightarrow \min \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

на коэффициент доступности для каждого класса ЛА

$$\sum_{l \in L_k} \theta_{kl} y_l / \tau_k \geq H_k, \quad k \in K; \quad (2)$$

на минимальное количество ПУ, необходимых для управления каждым классом ЛА,

$$\sum_{j \in J} z_j \geq R_k, \quad k \in K; \quad (3)$$

на минимальное количество ПУ, необходимых для управления каждым классом ЛА,

$$\sum_{l \in L_{\mu k}} \theta_{kl} y_l \geq \tau_{k \min}. \quad (4)$$

Выражения (2–4) задают множество β' . Множество β'' задается при ограничениях на управляемость каждого класса ЛА и на загрузку пунктов управления. Аналитическая часть задачи формирования, т. е. выражения (1–4), представляет собой линейную целочисленную модель математического программирования, и варианты структуры могут быть получены с помощью известных методов [5].

Решение задачи оптимизации при выборе структуры АСУ ЛА производилось с использованием процедуры TOPSIS. Для этого в работе на основе данной процедуры был разработан следующий алгоритм:

Шаг 1. Задать относительную важность w каждой из k целевых функций.

Шаг 2. Определить $PIS(f^*)$ и $NIS(f^*)$, решая следующие задачи:

$$f^* = \{f_1^*, f_2^*, \dots, f_k^*\},$$

$$f^- = \{f_1^-, f_2^-, \dots, f_k^-\},$$

где $f_j^* = \max_{x \in X} f_j(x)$ для $\forall j \in J$ и $f_i^* = \min_{x \in X} f_i(x)$ для $\forall i \in I$; $f_j^- = \min_{x \in X} f_j(x)$ для $\forall j \in J$ и $f_i^- = \max_{x \in X} f_i(x)$ для $\forall i \in I$; $f_j(x)$, $j \in J$ – цель для максимизации типа «выгода»; $f_i(x)$, $i \in I$ – цель для минимизации типа «стоимость»; $k \in K$, $K = I \cup J$. Тогда f^* является вектором решения, который состоит из индивидуальных наилучших возможных решений для всех целей и называется PIS . Аналогично, f^- является вектором решения, который состоит из наихудших возможных решений для всех целей и называется NIS .

Шаг 3. Решить следующую задачу:

$$\min d^{PIS}(x),$$

$$\max d^{NIS}(x),$$

$$x \in X,$$

где

$$d^{PIS} = \left\{ \sum_{j \in J} w_j \left[\frac{f_j^* - f_j(x)}{f_j^* - f_j^-} \right]^2 + \sum_{i \in I} w_i \left[\frac{f_i(x) - f_i^*}{f_i^- - f_i^*} \right]^2 \right\}^{1/2};$$

$$d^{NIS} = \left\{ \sum_{j \in J} w_j \left[\frac{f_j(x) - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \right]^2 + \sum_{i \in I} w_i \left[\frac{f_i^- - f_i(x)}{f_i^- - f_i^*} \right]^2 \right\}^{1/2};$$

w_t , $t = 1, 2, \dots, k$ – относительная важность целей; d^{PIS} и d^{NIS} – расстояния до наилучшего идеального решения и наихудшего идеального решения соответственно.

Шаг 4. Найти $(d^{PIS})^*$, $(d^{NIS})^*$, $(d^{PIS})^*$, $(d^{NIS})^*$, решая следующую задачу:

$$(d^{PIS})^* = \min_{x \in X} d^{PIS}(x), \text{ и решение } -x^{PIS},$$

$$(d^{NIS})^* = \max_{x \in X} d^{NIS}(x), \text{ и решение } -x^{NIS},$$

$$(d^{PIS})^* = d^{PIS}(x^{NIS}),$$

$$(d^{NIS})^* = d^{NIS}(x^{PIS}).$$

Шаг 5. Найти функции принадлежности $\mu_1(x)$ и $\mu_2(x)$:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & \text{если } d^{PIS}(x) < (d^{PIS})^*, \\ \frac{(d^{PIS})^* - d^{PIS}(x)}{(d^{PIS})^* - (d^{PIS})^*} & \text{если } (d^{PIS})^* \leq d^{PIS}(x) \leq (d^{PIS})^*, \\ 0 & \text{если } d^{PIS}(x) > (d^{PIS})^*. \end{cases}$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & \text{если } d^{NIS}(x) > (d^{NIS})^*, \\ \frac{d^{NIS}(x) - (d^{NIS})^*}{(d^{NIS})^* - (d^{NIS})^*} & \text{если } (d^{NIS})^* \leq d^{NIS}(x) \leq (d^{NIS})^*, \\ 0 & \text{если } d^{NIS}(x) < (d^{NIS})^*. \end{cases}$$

Шаг 6. Найти:

$$\max \alpha,$$

$$\mu_1(x) \geq \alpha \text{ и } \mu_2(x) \geq \alpha,$$

$$x \in X.$$

Шаг 7. Если решение удовлетворяет лицу, принимающее решение (ЛПР), то остановка. Однако ЛПР может пожелать изменить относительную важность целевых функций и (или) функции принадлежности, тогда нужно

возвратиться к шагам 1 или 5.

Анализ результатов. С помощью разработанных систем поддержки принятия решений при выборе структуры АСУ летательными аппаратами [7, 8] был проведен ряд компьютерных экспериментов по формированию и оптимизации топологической структуры распределенной АСУ ЛА.

Рассмотрим пример формирования АСУ ЛА, которая включает совокупность наземных пунктов управления, осуществляющих управление ЛА трех классов $E_{\text{ЛА}} = \{E_{\text{ЛА}}^k / k = \overline{1, 3}\}$, имеющих стационарные орбиты с постоянными периодами обращения.

Задана следующая исходная информация: множество возможных ПУ $E_{\text{ПУ}} = \{e_j / j = \overline{1, 7}\}$; затраты на создание j -го ПУ (табл. 1); множество участков возможной доступности и времена доступности ЛА k -го класса на l -м участке θ_{kl} (табл. 2); количество ЛА каждого класса N_k ($k = \overline{1, 3}$) и множество возможных ПУ для каждого класса ЛА m_k ($k = \overline{1, 7}$).

Кроме того, заданы ограничения на глобальность H_k ($k = \overline{1, 3}$), минимальное количество пунктов управления, необходимых для управления ЛА k -го класса M_k ($k = \overline{1, 3}$), минимальная продолжительность управляющего взаимодействия для ЛА k -го класса $\tau_{k \min}$ ($k = \overline{1, 3}$) (табл. 3).

Таблица 1

Стоимость построения ПУ

ПУ	1	2	3	4	5	6	7
Стоимость	30	50	40	45	50	55	35

Таблица 2

Времена доступности ЛА на участках возможной доступности

Класс ЛА	Участки возможной доступности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	5	6						
2				5	6	6			
3							5	6	6

Таблица 3

Ограничения и полное время полета над территорией

Класс ЛА	H_k	M_k	$\tau_{k \min}$	Время управления τ_k
1	0,6	1	9	15
2	0,7	2	10	12
3	0,6	3	9	14

В результате расчета получаем следующее решение:

Класс ЛА	Участки доступности L_k	Пункты управления m_k
1	1, 3	1, 3
2	5, 6	3, 4
3	7, 8, 9	3, 6, 7

Таким образом, пункты управления 2 и 5 могут быть удалены из системы управления без ущерба для выполнения заданных функций.

Итак, на основании проведенного анализа задач формирования структуры автоматизированных систем управления летательными аппаратами выявлена необходимость поиска рациональных вариантов структуры АСУ ЛА с использованием оптимизационных и имитационных моделей. Это позволяет в процессе формирования

конструировать, оценивать и отбирать рациональные варианты структуры АСУ ЛА. Разработанная оптимизационно-имитационная процедура формирования структуры АСУ ЛА, включающая оптимизационные и имитационные модели, позволяет в итеративном режиме решать задачу выбора структуры АСУ ЛА. При этом разработана аналитико-имитационная процедура формирования базового множества структур АСУ ЛА, включающая имитационную модель отсева вариантов структур по ал-

горитмически заданным ограничениям на атрибуты. Сформированное базовое множество с заданным набором атрибутов позволяет применять методы многоатрибутивного принятия решений при решении задачи выбора лучшего варианта структуры АСУ ЛА. Проведены исследования методов многоатрибутивного принятия решений с целью их использования в оптимизационно-имитационной процедуре выбора структуры АСУ ЛА. Разработан алгоритм метода многоатрибутивного принятия решений на базе процедуры TOPSIS, обеспечивающий решение задачи выбора лучшего варианта построения пунктов управления АСУ ЛА. Программно реализована система поддержки принятия решений, показавшая на модельном примере эффективность оптимизационно-имитационного подхода к формированию структуры АСУ ЛА.

Библиографический список

1. Цвиркун, А. Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем (оптимизационно-имитационный подход) / А. Д. Цвиркун, В. К. Акинфиев, В. А. Филиппов. М.: Наука, 1985.
2. Тюпкин, М. В. Проблема синтеза структуры АСУ летательными аппаратами / М. В. Тюпкин, Р. Ю. Царев // Фундаментальные исследования. 2007. № 8. С. 36–38.
3. Ковалев, И. В. Оптимизационно-имитационный подход к синтезу автоматизированных систем управления / И. В. Ковалев, М. В. Тюпкин, Р. Ю. Царев, Ю. Д. Цветков // Программные продукты и системы. 2007. № 3. С. 73–74.
4. Пронин, Е. Г. Проектирование бортовых систем обмена информацией / Е. Г. Пронин, О. В. Могуева. М.: Радио и связь, 1989.
5. Вязгин, В. А. Математические методы автоматизированного проектирования / В. А. Вязгин, В. В. Федоров. М.: Высш. шк., 1989.
6. Ковалев, И. В. Формирование оптимальных по составу информационно-управляющих систем / И. В. Ковалев, Р. Ю. Царев, Ю. Д. Цветков, М. В. Тюпкин // Программные продукты и системы. 2007. № 4. С. 48–50.
7. Система анализа структуры информационного обеспечения распределенных систем обработки данных (программная система «Iware Analysis ver. 1.0») / И. В. Ковалев и др. М., 2007. Деп. в ВНИИЦ, № 50200701711.
8. Система имитационного моделирования телекоммуникационных систем реального времени (Программная система «AirCalc ver. 1.0») И. В. Ковалев и др. М., 2008. Деп. в ВНИИЦ, № 50200701805.

I. V. Kovalev, Ju. A. Nurgaleeva, S. N. Gritsenko, A. V. Usachev

PRELIMINARIES TO CHOOSING AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM STRUCTURE OF AIRCRAFTS

The problem statement, steps and formation procedures of the automated control system structure of aircraft are considered. The rational variant of the system structure using optimization and simulation models is selected.

Keywords: control system, aircraft, structure, variant choosing.

© Ковалев И. В., Нургалева Ю. А., Гриценко С. Н., Усачев А. В., 2009

УДК 629.78.002.3

В. И. Халиманович, В. А. Харламов, Р. А. Ермолаев, А. Е. Михеев, А. В. Гирн

ИСПЫТАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Проведены исследования терморегулирующих покрытий углепластиковых элементов конструкций космических аппаратов, полученных ионно-плазменным напылением. Выявлены режимы получения покрытий, которые удовлетворяют требованиям по терморадикационным характеристикам.

Ключевые слова: космический аппарат, терморегулирующие покрытия, ионно-плазменное напыление.

В процессе эксплуатации космический аппарат (КА) периодически и неравномерно освещается Солнцем, подвергается воздействию потоков заряженных частиц. Происходит неравномерный нагрев и электростатическое заряджение поверхностей КА. Неравномерный нагрев при-

водит к искажению формы конструкций из углепластика, имеющего анизотропные коэффициенты теплового расширения и теплопроводность. Это может приводить к ухудшению коэффициента усиления и диаграмм направленности антенных систем и ухудшению ориентации сол-

нечных батарей (БС) на Солнце и снижению их мощности. Электрические разряды, возникающие из-за воздействия заряженных частиц, вызывают помехи и сбои бортовой аппаратуры и деградацию бортовых систем. Для предотвращения указанных негативных явлений необходимо обеспечить терморегулирование антенн, каркасов БС, бортовых систем и защиту их от электризации.

Важную часть систем терморегулирования объектов космической техники составляют терморегулирующие покрытия (ТРП) и экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ), которые покрывают все внешние поверхности КА. ЭВТИ и ТРП устанавливают баланс между выделением тепла внутри КА, энергией, поглощаемой из космоса (от солнечного излучения), и энергией, излучаемой в космическое пространство.

Терморегулирующие покрытия характеризуются терморadiационными характеристиками: коэффициентом поглощения солнечного излучения A_s и коэффициентом излучения (степенью черноты) E_n . Отношением A_s/E_n определяется равновесная температура тела при радиационном теплообмене (чем больше это отношение, тем выше равновесная температура) [1].

Под действием различных факторов космического пространства (особенно ионизирующего излучения) наблюдается увеличение коэффициента поглощения A_s , что приводит к повышению температуры бортовых систем КА и снижению сроков его активного существования. Поэтому создание ТРП классов «солнечные отражатели» и «истинные отражатели», обладающих стабильными терморadiационными характеристиками и одновременно антистатическими свойствами при длительной эксплуатации в космосе, с низким газовыделением является одной из важных задач космонавтики XXI в. Разработка таких покрытий позволит снизить до минимума отклонения от заданного теплового режима, уменьшить сбои в работе и отказы высокочувствительной оптической и радиоэлектронной аппаратуры, что даст возможность увеличить технический ресурс КА до 15 лет и более. Для достижения требуемой равновесной температуры данных конструкций коэффициент E_n должен быть от 0,2 до 0,4 при отношении $A_s/E_n \leq 1$. Поверхностное электрическое сопротивление покрытий должно быть не более 10^5 кОм/кв.дм.

В процессе выполнения исследований по разработке терморегулирующих покрытий для углепластиковых эле-

ментов каркасов БС был проведен выбор материалов и методов нанесения терморегулирующих покрытий.

Для проведения необходимого объема испытаний ТРП специалистами ОАО «ИСС» и СибГАУ были изготовлены образцы терморегулирующих покрытий, включающих подслоу лака, отражающий слой алюминия, и теплоизлучающий электропроводный слой на основе оксидов алюминия и циркония. Нанесение покрытий проведено ионно-плазменным магнетронным напылением. Такая технология выбрана в связи с известными преимуществами ионно-плазменных технологий перед традиционными методами термического испарения: высокой однородностью и адгезионной прочностью покрытий, возможностью нанесения слоев из тугоплавких соединений, оксидных полупроводников и др. [2].

Определение физико-технических характеристик образцов проводилось в ОАО «ИСС» следующим образом:

- толщину напыленных слоев алюминия и оксидов определяли на стеклянных образцах-свидетелях на микроинтерферометре МИИ-4;
- адгезионную прочность покрытий определяли методом отрыва приклеенных штоков;
- терморadiационные характеристики образцов A_s , E_n были измерены фотометром ФМ-59 и терморadiометром ТРМ-И;
- поверхностное электрическое сопротивление покрытий измеряли двухзондовым методом с помощью тераомметра Е6-13А;
- массу образцов покрытий измеряли на весах ВЛАО-20 г.

Основные характеристики изготовленных образцов приведены в табл. 1.

Масса всех изготовленных схем ТРП составляет не более 50 г/м². Как показывают данные (табл. 1), наиболее близки к предъявляемым требованиям образцы покрытий № 5, 7, 10, 11.

Для окончательного выбора схемы покрытия и корректировки технологических режимов было проведено исследование стабильности основных характеристик изготовленных образцов ТРП под воздействием факторов хранения и эксплуатации. Исследование было разделено на два этапа:

- экспрессные испытания для оценки соответствия выбранных схем покрытий техническим требованиям и корректировки технологических режимов;

Таблица 1

**Характеристики покрытий
на экспериментальных образцах**

Номер образца	Материал подложки	Состав покрытия	Толщина слоя оксида, мкм	Адгезионная прочность, кг/см ²	Терморadiационный коэффициент		A_s/E_n	Удельное электр. сопротивление, кОм/кв.дм
					A_s	E_n		
2	КМУ-4Л	Al-ZnO	0,6–0,8	75	0,38	0,19	2	$\sim 10^{-2}$
3	КМУ-4Л	Al-MoO ₃	0,4–0,6	70	0,29	0,14	2	$\sim 10^{-2}$
5	КМУ-4Л	Al-Al ₂ O ₃	0,8–1,0	60	0,24	0,22	1,1	$1 \cdot 10^5$
6	КМУ-4Л	Al-Al ₂ O ₃	0,5–0,7	65	0,22	0,18	1,2	$6 \cdot 10^4$
7	КМУ-4Л	Al-ZrO ₂	0,4–0,6	65	0,19	0,18	1	$3 \cdot 10^3$
8	КМУ-4Л	Al-ZrO ₂	1,2	65	0,24	0,25	1,0	$\sim 10^7$
10	КМУ-4Л	Al-ZrO ₂	1,5	65	0,20	0,28	0,7	$2 \cdot 10^6$
11	КМУ-4Л	Al-Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	0,5; 0,5	70	0,27	0,21	1,3	$1,1 \cdot 10^5$

– контрольные испытания для определения стабильности характеристик ТРП в условиях воздействия факторов хранения и эксплуатации.

Ускоренные климатические испытания (УКИ) образцов покрытий проводили при влажности до 98 % и температуре до +70 °С.

Испытания на воздействие циклического изменения температуры в вакууме (термоциклирование (ТЦ)) проводили в вакуумной камере, при остаточном давлении $P < 5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Нагрев термостолы с образцами осуществляли лампами типа КГ-127-1000, а охлаждение – жидким азотом. Количество циклов – 10 при экспресс-испытаниях и 50 – при контрольных. Диапазон температур от –150 до 150 °С.

Все полученные образцы прошли экспресс-испытания, результаты которых приведены в табл. 2. Данные показывают (табл. 2), что экспериментальные образцы покрытий № 5, 8 и 10 удовлетворяют предъявляемым тре-

бованиям по терморadiационным характеристикам и адгезионной прочности.

Характеристики опытных образцов терморегулирующих покрытий на углепластике и результаты контрольных испытаний приведены в табл. 3 и 4.

Относительное изменение коэффициента A_s образцов в процессе испытаний (средние значения) представлено на рисунке.

В результате УКИ наблюдается снижение коэффициента A_s на 2–8,5 % относительно исходного значения, далее, после ТЦ, изменение коэффициента A_s составляет от 0 до 2 %. Такое поведение покрытия может быть объяснено дефицитом кислорода в слое MeO при изготовлении и доокислением покрытия в процессе УКИ.

Из результатов испытаний следует, что по терморadiационным коэффициентам и адгезионной прочности достаточно близки или удовлетворяют техническим требованиям все испытанные варианты покрытий опытных

Таблица 2

Результаты экспресс-испытаний экспериментальных образцов покрытий

№ образца	Покрытие	Воздействие УКИ					ТЦ			
		A_s		E_n		A_s/E_n	A_s	E_n	A_s/E_n	Адгезия, кг/см ²
		до	после	до	после	после	после			
2	Al–ZnO	0,38	0,41	0,19	0,40	1,0	0,48	0,40	1,2	60
3	Al–MoO ₃	0,29	0,42	0,14	0,28	1,5	0,43	0,30	1,4	60
5	Al–Al ₂ O ₃	0,24	0,21	0,22	0,22	1,0	0,22	0,22	1,0	70
6		0,22	0,20	0,18	0,18	1,1	0,20	0,19	1,1	60
7	Al–ZrO ₂	0,19	0,21	0,18	0,19	1,1	0,21	0,19	1,1	65
8		0,24	0,22	0,25	0,25	0,9	0,22	0,25	0,9	65
10		0,20	0,19	0,28	0,28	0,7	0,19	0,28	0,7	60
11	Al–Al ₂ O ₃ –ZrO ₂	0,27	0,25	0,21	0,22	1,1	0,25	0,23	1,1	70

Таблица 3

Исходные характеристики и результаты УКИ опытных образцов ТРП

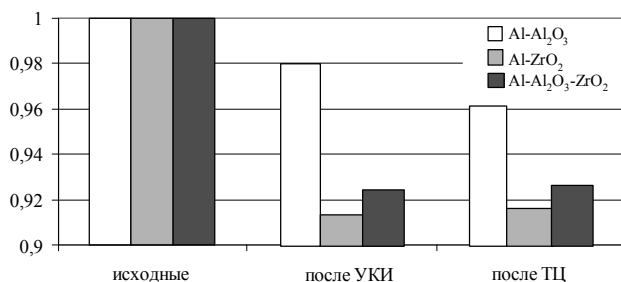
№ образца	Покрытие	A_s		E_n		A_s/E_n	Адгез. прочность, кг/см ²		Удельное электр. сопротивление, кОм/кв.см	
		до	после	до	после	до	до	после	до	после
22	Al–Al ₂ O ₃	0,20	0,20	0,21	0,21	1,0	65	60	$0,7 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^5$
23		0,26	0,25	0,40	0,40	0,6	65	65	$\sim 10^9$	$\sim 10^9$
35	Al–ZrO ₂	0,22	0,20	0,19	0,21	1,2	70	70	$6 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$
36		0,21	0,20	0,25	0,26	0,8	65	65	$7 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$
37		0,26	0,23	0,31	0,30	0,8	65	65	$\sim 10^7$	$\sim 10^7$
38		0,35	0,32	0,39	0,40	0,9	60	60	$1,1 \cdot 10^5$	$\sim 10^7$
42	Al–Al ₂ O ₃ –ZrO ₂	0,27	0,25	0,24	0,24	1,1	75	70	$8 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$

Таблица 4

Результаты термоциклирования опытных образцов ТРП

№ образца	Покрытие	A_s		E_n		A_s/E_n	Адгез. прочность, кг/см ²		Удельное электр. сопротивление, кОм/кв.см	
		до	после	до	после	после	до	после	до	после
22	Al–Al ₂ O ₃	0,20	0,20	0,21	0,21	1,0	60	60	$0,9 \cdot 10^5$	$0,9 \cdot 10^5$
23		0,25	0,24	0,40	0,40	0,6	65	60	$\sim 10^9$	$\sim 10^9$
35	Al–ZrO ₂	0,20	0,21	0,21	0,21	1,0	70	65	$7 \cdot 10^3$	$7 \cdot 10^3$
36		0,20	0,20	0,26	0,27	0,7	65	60	$9 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
37		0,23	0,22	0,30	0,30	0,7	65	65	$\sim 10^7$	$\sim 10^7$
38		0,32	0,32	0,40	0,39	0,8	60	60	$\sim 10^7$	$\sim 10^7$
42	Al–Al ₂ O ₃ –ZrO ₂	0,25	0,25	0,24	0,24	1,0	70	65	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$

образцов. По удельному электрическому сопротивлению удовлетворяют требованиям образцы № 22 ($\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3$), № 35, 36 ($\text{Al}-\text{ZrO}_2$) и № 42 ($\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2$) – от 6 до $80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, что соответствует удельному поверхностному сопротивлению от $6 \cdot 10^3$ до $8 \cdot 10^4 \text{ кОм/кв.см}$ при толщине покрытий $\sim 1 \text{ мкм}$. Варианты покрытий $\text{Al}-\text{ZrO}_2$ № 35 и $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2$ отличаются наибольшей стабильностью характеристик при воздействии факторов испытаний. Для трехслойного ТРП масса составит не более 45 г/м^2 .



Изменение отношения A_s/A_{s0} покрытий в процессе испытаний

Таким образом, проведено изготовление трех схем терморегулирующих покрытий для углепластиковых элементов конструкции КА для обеспечения заданного теплового режима. Характеристики опытных образцов ТРП удовлетворяют требованиям по коэффициенту E_n (от 0,20 до 0,40) и отношению A_s/E_n (от 0,6 до 1,0). Адгезионная прочность покрытий на нормальный отрыв не менее 60 кг/см^2 , масса не более 50 г/м^2 . Удельное электрическое сопротивление зависит от схемы, толщины, технологических режимов нанесения покрытия и находится в пределах от 6 до $\sim 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ или от $6 \cdot 10^3$ до $\sim 10^9 \text{ кОм/кв.см}$. Опытные образцы ТРП выдержали контрольные испытания на воздействие основных факторов хранения и эксплуатации.

Библиографический список

1. Физика тонких пленок : пер. с англ. / под ред. Г. Хасса и Р. Э. Туна : в 2 т. Т. 2. М. : Мир, 1967.
2. Waits, R. K. Planar magnetron sputtering / R. K. Waits // J. Vac. Sci. Technol. 1978. Vol. 15. No. 2. P. 179–187.

V. I. Khalimanovich, V. A. Kharlamov, R. A. Ermolaev, A. E. Mikheev, A. V. Girn

TESTING LABORATORY PATTERNS WITH THERMOREGULATION COATINGS ON CARBON DETAILS OF SPACE VEHICLES

The scientific research of thermoregulation properties of coatings, conducted by ion-plasma spraying method on carbon details of space vehicles and satellites was carried out. Regimes of ion-plasma spraying with best thermoregulation properties of carbon details were identified.

Keywords: space vehicle, thermoregulation coatings, ion-plasma spraying.

© Халиманович В. И., Харламов В. А., Ермолаев Р. А., Михеев А. Е., Гирн А. В., 2009

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ GRID-СИСТЕМЫ КАК АРХИТЕКТУРНОЙ ПЛАТФОРМЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены основные алгоритмы функционирования GRID-системы, использующейся в качестве архитектурной платформы для развертывания в распределенных автоматизированных системах управления специализированного программного продукта управления, ориентированного на OLTP (On-line Transaction Processing), с целью распределения транзакционной нагрузки между несколькими узлами.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, алгоритм, интерфейс, транзакционная обработка данных.

Реализация режима реального времени, рассматриваемая в контексте выполнения логических операций в автоматизированных системах управления (АСУ), становится приоритетной задачей для многих отраслей промышленности. Рассматривая распределенные АСУ, следует отметить, что современные стандарты и протоколы передачи данных позволяют приблизить скорости распределенных вычислений к локальным. Таким образом, нужно сфокусировать внимание на внутрисистемных вычислениях, реализуемых на уровне операционных систем, прикладного программного обеспечения (ПО) и систем управления базами данных (СУБД).

Проектирование и внедрение таких сложных систем, какими являются АСУ, связано с реализацией (материализацией) в тесной взаимосвязи различных видов обеспечения. В соответствии с ГОСТ 24.104–85 для АСУ выделяется ряд основных видов обеспечения: техническое, математическое, программное, информационное, лингвистическое, организационное [1].

Данные виды обеспечения АСУ представляют исследовательский интерес, прежде всего, с точки зрения анализа их функционирования в рамках системы с учетом выполнения логических операций в режиме реального времени.

Архитектурная платформа распределенных АСУ представляет территориально-распределенные вычислительные мощности (узлы), объединенные каналами связи с классическим клиент-серверным взаимодействием. Не является исключением технология SMP (Symmetric Multiprocessing) [2], в которой несколько процессоров имеют равноправный доступ к совместно используемой основной памяти.

Системы класса SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) являются основным программным обеспечением HMI (Human Machine Interface) АСУ технологического процесса (ТП) [3]. Ввод-вывод данных осуществляется в результате взаимодействий с устройством связи с объектом (УСО), посредством драйверов, а также с БД посредством интерфейсов ODBC (Open DataBase Connectivity).

Поддержка реального времени обеспечена как операционными, так и SCADA системами, что является необходимым условием протекания сложных процессов для АСУ с непрерывным характером производства.

В виду гетерогенной сущности взаимодействующих систем вопрос обмена данными остается весьма акту-

альным, что особенно характерно для обращений к СУБД со стороны приложений.

Современные коммерческие СУБД берут свое начало от «System R» [4], разработанной в 1970-е гг. XX в., наследием которой стали следующие архитектурные черты: структуры хранения данных и индексов, ориентированных на дисковую память; использование многопоточности для сокрытия временных задержек; механизмы управления параллельным доступом на основе блокировок; восстановление на основе журналов. «System R» была разработана с учетом характеристик аппаратуры, которые по некоторым показателям в тысячи раз ниже сегодняшних, к тому же существовал единственный рынок СУБД – рынок обработки бизнес-данных.

Данные аргументы заставляют пересмотреть классическую, наследуемую архитектуру «System R» современных коммерческих СУБД с целью увеличения производительности относительно времени совершения транзакций.

Предлагается архитектурная платформа распределенных АСУ, основой которой выступает GRID-система (впервые была исследована в проекте «Gamma» [5]), состоящая из N -узлов горизонтального разделения в одноранговой (peer-to-peer) архитектуре, взаимодействующих посредством коммуникационной сети. Данная концепция исключает использование общих, разделяемых ресурсов – «shared-nothing». Возможно горизонтальное масштабирование GRID-системы (количеством узлов) по мере расширения мощностей АСУ, с целью увеличения ресурсного потенциала системы и надежности (в виде избыточности узлов).

Современные технологии разделения ресурсов, в частности SMP, ограничены количеством используемых процессоров и величиной основной памяти. Данное ограничение накладывает операционная система. В то время как архитектурный подход «shared-nothing» не препятствует наращиванию единичных мощностей GRID-системы.

Особенность предложенной платформы – возможность развертывания в основной памяти узлов GRID-системы специализированного программного продукта управления данными, ориентированного на OLTP (On-line Transaction Processing) с целью распределения транзакционной нагрузки между несколькими узлами.

Авторами статьи [5], предложен архитектурный подход при проектировании вышеуказанного программно-

го средства для достижения производительности, значительно превосходящей производительность существующих распределенных СУБД.

Размещение приложения и хранение данных в основной памяти с последующим совершением транзакций без обмена данными с дисковой памятью позволит исключить временные задержки при дисковых операциях. Таким образом, методы вызова персистентных объектов исключены. Оперирование данными осуществляется короткими, «легковесными» транзакциями с минимальным временем полезной работы. Отсутствие задержек происходит по вине пользователей, например, в АСУ ТП основной персонал представлен операторами и диспетчерами, задачи которых – наблюдение за информацией, полученной от БД на основе запросов чтения (read). Имеет смысл выполнять все команды SQL в рамках последовательных транзакций с использованием однопотоковой модели исполнения. Следовательно, исключается подсистема регулирования ресурсов, используемая в многопотоковых системах для параллельного выполнения запросов. Нет необходимости особым образом структурировать данные, для которых поддерживается параллельный доступ. Восстановление данных на основе журнализации допустимо, например, журнал откатов (undo), как структура данных в основной памяти с удалением при фиксации транзакций. Нет необходимости производить повторное выполнение операций (redo), поскольку требуемого эффекта можно достичь путем восстановления данных по сети методом репликации с удаленного узла.

Однако, отмечая преимущества OLTP-ориентированных приложений при проектировании распределенных автоматизированных систем управления, следует согласиться, что на сегодняшний день существуют проблемные области, связанные с реализацией ряда методов. Это относится, например, к репликации частей БД между узлами без приостановки транзакций; реализации хранимых процедур как альтернативы двухсторонним коммуникациям между SCADA и БД; методу поддержания таблиц БД в основной памяти узлов и совершению транзакций.

Приоритет в рассмотрении алгоритма взаимодействия систем на основе удаленного вызова процедур связан с нахождением возможности пересмотра логики в работе интерфейса с целью сокращения временных затрат.

Интеграция промышленных автоматизированных систем класса SCADA на основе распределенной OLTP-СУБД различима по способам построения интегрирующей среды. В наиболее простом варианте, называемом «точка-точка», взаимодействие систем осуществляется на основе полного графа, т. е. для каждой пары взаимодействующих систем создается специфическая для них

интерфейсная связь в виде конверторов данных с языка одной подсистемы на язык другой. Поскольку число таких дуплексных связей может доходить до $N(N-1)/2$, где N – количество узлов в GRID-системе, то вариант «точка-точка» оказывается приемлемым только для малых GRID-систем. Число связей уменьшается до $N+1$ в варианте интеграции на основе общего для подсистем языка, поддерживаемого промежуточной метасредой [6]. Примером такого языка может служить SQL в технологии ODBC, широко представленной в различных системах, взаимодействующих с внешними данными, для которых характерна двухузловая схема распределенных вычислений (рис. 1).

Рассматривая один из уровней распределенной АСУ, в частности АСУ ТП, следует отметить, что пример данных, выступающих в качестве обмена между SCADA и OLTP-СУБД, может представлять n -мерный массив, сопоставимый, например, с рядом значений параметров ТП. Архивные тренды в SCADA-системах позволяют опрашивать устройства полевых сетей с частотой 0,5 с, тем самым генерируя объем данных с целью архивации в БД. Таким образом, требуемый обмен данными высокой частоты обуславливает специфические требования к интерфейсам.

Примером удовлетворения запроса посредством интерфейса ODBC (рис. 2) является следующая последовательность действий:

- генерация запроса на совершение определенных действий с БД;
- посылка запроса на интерфейс;
- конвертация запроса в набор SQL-команд (формирование транзакции);
- выполнение SQL-команд в рамках транзакции (манипулирование базой данных);
- возврат приложению запрашиваемых данных.

В данном примере мы наблюдаем многостадийность процесса доступа к СУБД и, как следствие, временные задержки на выполнение каждой стадии.

Использование опции ODBC SQLPASSTHROUGH позволит передать SQL-предложение (запрос) напрямую источнику данных. В данном случае драйвер передает SQL-предложение OLTP-СУБД, исключая предварительную, локальную модификацию. Такой подход улучшает характеристики интерфейса в аспекте производительности, но DYNASET (результат выполнения запроса) может быть открыт только на чтение, например:

```
db.ExecuteSQL("BEGIN procedurename(param1, param2, param3); END;", SQLPASSTHROUGH)
```

Исходя из требования приблизиться к режиму реального времени, становится возможным сократить времен-

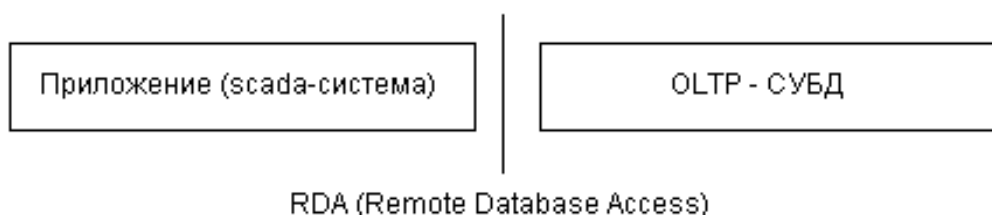


Рис. 1. Двухузловая схема распределенных вычислений

ные задержки путем реализации модели взаимодействия SCADA с OLTP-СУБД на основе вызова (локальных) хранимых процедур, посредством запуска на выполнение предопределенных транзакций, что заставляет пересмотреть алгоритмическую сущность интерфейса взаимодействия (ODBC).

Анализируя стек работы OLTP-СУБД ODBC, можно отметить, что стадия сетевого транспорта, присутствующая при обращении к удаленной БД (при клиент-серверном взаимодействии), исключается ввиду присутствия части OLTP-СУБД на каждом узле GRID-системы. Также известно, что технология доступа посредством интерфейса ODBC не рассчитана на работу с большим числом клиентов. В случае реализации OLTP-СУБД в основной памяти узлов GRID-системы проблема разрешается с учетом особенности доступа к системе в однопользовательском (монопольном) режиме.

Алгоритм доступа на основе локальных процедур предполагает наличие в стеке работ на стороне OLTP-СУБД дополнительных модулей: менеджер транзакций и реестр транзакций, функция которых – формирование предопределенных транзакций и их хранение.

Для реализации взаимодействия систем на основе вызова локальных процедур посредством интерфейса ODBC драйверу OLTP-СУБД необходимо соответствие требованиям базового уровня API (Application Programming Interface) ODBC (CORE API), а также Уровню 1 (Level 1):

- поддержка хранимых процедур, включая опрос словаря в отношении хранимых процедур;
- доступ к содержимому наборов, созданных в результате выполнения пакетов и хранимых процедур.

Таким образом, применяя логику взаимодействия систем на основе вызова хранимых процедур, а не удаленных, становится возможным снижение нагрузки на ODBC-интерфейс за счет исключения проверок синтаксиса команд, аргументов функций и корректности изменения состояния БД, что позволит увеличить пропускную способность данного интерфейса. При этом вычислительная нагрузка перекладывается с интерфейса на OLTP-СУБД. Рассматривая OLTP-СУБД как распределенную систему, поддерживаемую в основной памяти узлов GRID-системы, следует отметить отсутствие операций с дисковой памятью, что позволит увеличить скорость реакции OLTP-СУБД на запросы от внешних систем.

Библиографический список

1. ГОСТ 24.104–85. Единая системы стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
2. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В. Л. Бройдо. СПб. : Питер, 2002.
3. Деменков, Н. П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП / Н. П. Деменков. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004.
4. Kim, W. Relational Database Systems / W. Kim // ACM Comput. Surv. 1979. № 3.
5. The End of an Architectural Era (It's Time for a Complete Rewrite) / M. Stonebraker, S. Madden, D. Abadi et al. Proceedings of VLDB. 2007. Vienna. Austria.
6. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2006.

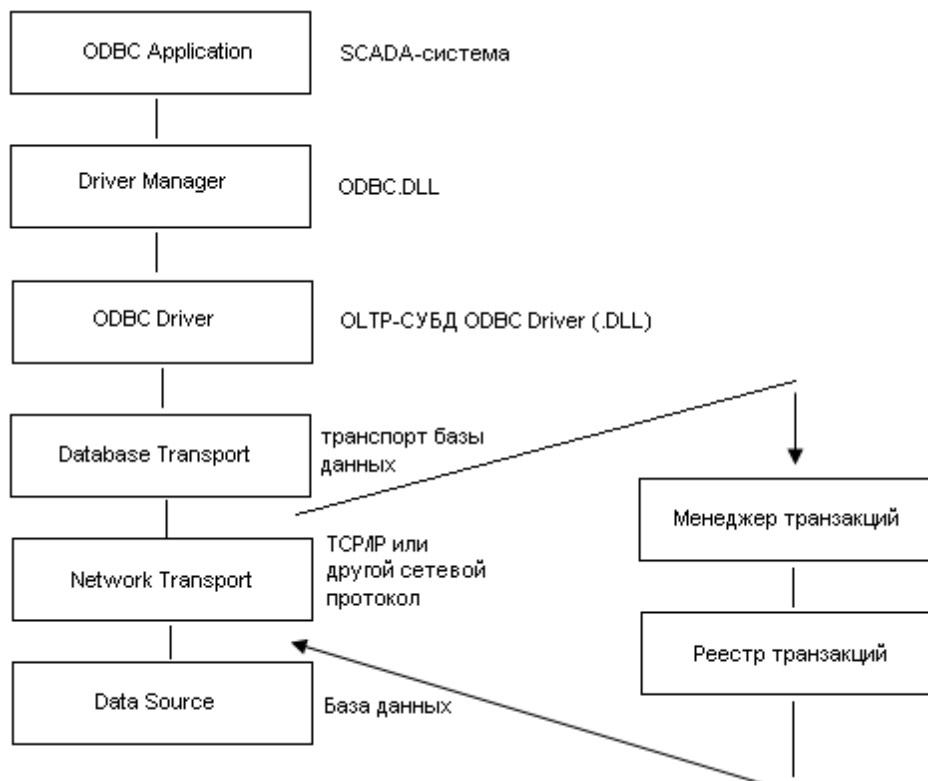


Рис. 2. Стек работы OLTP-СУБД ODBC

V. V. Losev

ALGORITHMIC SUPPORT OF GRID-SYSTEM FUNCTIONING AS THE ARCHITECTURAL PLATFORM OF DISTRIBUTED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

The paper considers the main algorithms of GRID-system functioning used as the architectural platform for the deployment in distributed automated control systems of specialized OLTP-oriented software for data management to distribute the transactional load among multiple nodes.

Keywords: automated control system, algorithm, interface, transaction data processing.

© Лосев В. В., 2009

УДК 550.834(075)

В. А. Детков

ИМПУЛЬСНЫЕ НЕВЗРЫВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ

Дается анализ методов и конструкций невзрывных источников сейсмических волн, используемых при сейсморазведочных работах на нефть и газ. Описывается принцип действия невзрывных источников, делается акцент на преимуществе импульсных невзрывных источников, реализованных в отечественной системе «Енисей».

Ключевые слова: невзрывные, импульсные, сейсмоисточники, электромагнитные.

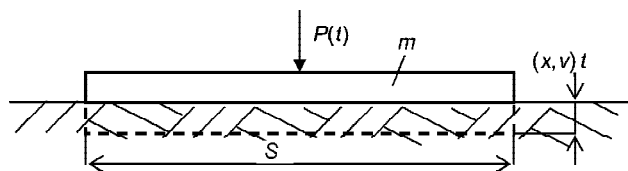
Метод создания сейсмических волн с помощью взрыва заряда взрывчатого вещества в скважине или на поверхности грунта, традиционно применявшийся при проведении сейсморазведочных работ в 1960–70 гг., в основном исчерпал свои возможности развития и применения в связи с большой стоимостью буровзрывных работ и ограниченным применением при его использовании более совершенных приемов обработки сейсмической информации. Взрывной способ наносит значительный вред природе, не может использоваться в местах поселений, вблизи мостов, линий электропередач, железных дорог.

Для проведения сейсморазведочных работ стали разрабатываться альтернативные взрывному невзрывные способы создания сейсмических волн. Такого вида устройства, создающие упругие волны в грунте, получили название невзрывных сейсмоисточников.

Создание сейсмических волн в грунте невзрывным сейсмоисточником происходит в результате деформации x грунта излучающим элементом, обычно выполненным в виде жесткой массивной плиты m , расположенной на поверхности грунта, при воздействии на плиту усилием $P(t)$, создаваемым приводом сейсмоисточника (см. рисунок). В зависимости от характера изменения прикладываемой к плите силы и создаваемых при этом деформаций грунта невзрывные поверхностные сейсмоисточники принято классифицировать на три типа: вибрационные, импульсные и кодоимпульсные (виброимпульсные) [1].

Сейсмические вибраторы создают под плитой квазигармонические деформации грунта с изменяемой частотой колебаний в течение длительного интервала време-

ни (до 10 с и более). Наиболее широкое применение находят мощные электрогидравлические вибраторы. Основными их недостатками являются большая стоимость и эксплуатационные расходы и ограниченные возможности применения ввиду значительного веса вибратора. Эти недостатки обусловлены в основном двумя взаимосвязанными факторами: принципом действия, в основу которого положена необходимость создания квазигармонических силовых воздействий на излучающую плиту, и применением гидравлического силового привода, КПД преобразования потребляемой энергии которого в механическую энергию движения излучающей плиты и упругие деформации грунта не превышает нескольких процентов.



Принцип работы невзрывного сейсмоисточника

При создании импульсных невзрывных сейсмоисточников преследовалось достижение иной цели – решение задач импульсной взрывной сейсморазведки более эффективными и дешевыми техническими средствами и расширение возможных областей применения сейсморазведки [1; 2].

Сейсмоисточники кодоимпульсного типа занимают некоторое промежуточное положение между вибрационными и импульсными. Они создают на излучающую

плиту последовательность однополярных импульсов силы, следующих друг за другом с переменными или постоянными временными интервалами в течение длительного сеанса работы сейсмоисточника [1]. Максимальные значения импульсов силы соизмеримы с силами, создаваемыми вибраторами. Применение специального импульсного электромеханического привода с более высоким, в сравнении с вибраторами КПД преобразования энергии, обеспечило возможность упростить конструкцию сейсмоисточника и существенно уменьшить его вес, стоимость и потребляемую мощность. Для снижения уровня корреляционных шумов при обработке сейсмической информации, получаемой при работе кодоимпульсных сейсмоисточников, целесообразно обеспечение режимов со специальным СВИП-сигналом. В настоящее время сейсмоисточники такого типа серийно не изготавливаются.

При разработке отечественных аналогов вибрационных сейсмоисточников с электрогидравлическим приводом основное внимание уделялось конструктивным и технологическим решениям, направленным на обеспечение надежности их работы в сложных погодных-климатических условиях различных районов Советского Союза (разрабатывались конструктивные решения на колесной и санной транспортной базе и т. д.). При этом широко использовался опыт разработки сейсмических вибраторов за рубежом.

Разработки импульсных сейсмоисточников проходили в несколько ином формате, характеризуемом, в основном, инициативой различных сейсморазведочных организаций министерств геологии и нефтяной промышленности СССР создания импульсных сейсмоисточников для решения сейсморазведочных задач в конкретных районах страны. В связи с этим были предложены различные технические решения создания импульсных невзрывных сейсмоисточников, основанные на различных способах создания импульсного механического воздействия на поверхность грунта с целью его деформации, обеспечивающей образование сейсмических волн с необходимой интенсивностью и амплитудочастотным спектром. При этом важным фактором, основанном на опыте взрывной сейсморазведки и определяющим техническое решение невзрывного сейсмоисточника, было стремление создать сейсмоисточники, мощность механического воздействия на грунт которых позволяла бы применять методики работ с использованием взрыва. Однако при взрывном способе основная часть энергии (до 90 % и более) расходуется на разрушение и уплотнение грунта в расширяющемся очаге взрыва. И только тогда, когда скорость сжатия частиц грунта на внешнем радиусе очага приближается к скорости, при которой создаются упругие деформации грунта, происходит формирование сейсмической волны.

Создание же невзрывного сейсмоисточника с энергией воздействия на грунт, сравнимой с энергией взрыва или приближающейся к ней, приводит к чрезмерному увеличению веса, стоимости сейсмоисточника и образованию в месте воздействия на грунт значительных остаточных деформаций, что снижает методические возможности невзрывной сейсморазведки, в том числе применение группирования сейсмоисточников. Применение

невзрывных импульсных сейсмоисточников в сравнении с использованием взрывного способа должно обеспечивать уменьшение стоимости выполнения сейсморазведочных работ, расширять возможности их применения в районах, где взрывные работы не разрешены, и использовать более эффективные новые методики проведения сейсморазведки. Это может быть достигнуто за счет следующих факторов:

- повышения коэффициента передачи энергии механического воздействия на грунт в энергию его упругих деформаций при существенном уменьшении потерь на неупругие деформации;
- повышения коэффициента передачи потребляемой сейсмоисточником энергии в энергию механического воздействия на плиту-антенну;
- выбора силового привода, обеспечивающего, с одной стороны, необходимые технические силовые характеристики, в достаточной мере обеспечивающие достижение выполнения вышесказанного, а с другой стороны, позволяющего создать наиболее простое техническое решение сейсмоисточника, удовлетворяющего условиям его применения.

С технической точки зрения решение первой задачи позволяет определиться с условиями согласования выходных силовых параметров сейсмоисточника с реологическими характеристиками грунта и проектировать сейсмоисточник как генератор механических воздействий, работающий на согласованную или близкую к ней нагрузку – грунт. При этом решение первой задачи позволяет более определенно выполнить вторую и третью.

Импульсный сейсмоисточник любого типа – взрывной или невзрывной – генерирует сейсмические волны в результате деформирования грунта, причем интенсивность излучаемых сейсмических волн зависит в основном от упругих свойств грунта и величины создаваемых в нем механических напряжений. Деформация грунта сопровождается созданием в нем неупругих и упругих составляющих. На создание неупругих деформаций расходуется часть механической энергии воздействия на грунт. При взрывном способе основная часть энергии затрачивается на неупругие деформации грунта, т. е. на его уплотнение, сопровождающееся разрушением первоначальной структуры грунта. При взрыве в скважине радиус очага увеличивается, и на некотором радиусе излучения начинают проявлять себя в основном упругие деформации, следствием которых и является создание сейсмических волн.

Создание значительных неупругих деформаций грунта невзрывным сейсмоисточником недопустимо, поскольку приводит к увеличению его веса, стоимости и другим последствиям, снижающим его технические и эксплуатационные характеристики. Важным фактором, определяющим механические напряжения в грунте при создании сейсмических волн, является скорость смещения частиц грунта, определяющая уровень возникающих механических напряжений при формировании сейсмической волны. Эта скорость, как известно, зависит от реологических свойств грунта, т. е. от его состава, влажности, температуры, плотности и т. д. При этом интегральной характеристикой реологических свойств грунта как

среды с распределенными параметрами является его плотность ρ и волновое сопротивление $c = \rho v_p$, где v_p – скорость распространения сейсмической волны. Связь между скоростью v_{cm} смещения частиц грунта и механическими напряжениями σ в нем определяется известным выражением [3]

$$v_{cm} = \frac{\sigma}{\rho v_p}. \quad (1)$$

По мере удаления формируемой сейсмической волны от излучающей плиты-антенны сейсмоисточника v_{cm} и σ уменьшаются.

С увеличением скорости деформации грунта возрастают создаваемые в нем механические напряжения и потери энергии на неупругие деформации, грунт уплотняется, повышается энергия поверхностных волн. Интересные количественные соотношения, отражающие влияние скорости деформации грунта плитой на энергию генерируемой продольной волны, приведены в работе [4]. На плиту-штамп площадью 1 м^2 с различной высоты сбрасывался груз массой 300 кг . Регистрация колебаний осуществлялась сейсмоприемниками в скважине на глубине 40 м . При увеличении высоты сброса груза от $0,3$ до $0,6 \text{ м}$ наблюдалось почти линейное увеличение амплитуды сигнала. При дальнейшем увеличении высоты сброса груза нарастание сигнала уменьшалось и затем, при $H = 1,2\text{--}1,5 \text{ м}$, сигнал не увеличивался. Скорость груза в момент воздействия на плиту при $H = 0,5 \text{ м}$ рассчитывается по формуле $v = \sqrt{2gh} = 3 \text{ м/с}$. За счет удара по массивной плите площадью 1 м^2 скорость воздействия на грунт, по-видимому, не превышала 2 м/с (в работе не приводится). Полученные результаты позволяют сделать вывод от том, что скорости деформации грунта более $1,5\text{--}2 \text{ м/с}$ нежелательны, поскольку приводят к резкому уменьшению КПД преобразования механической энергии воздействия на грунт в энергию продольной сейсмической волны. Косвенным подтверждением этого положения является то, что электрогидравлические вибраторы, нашедшие широкое применение, создают скорости деформации грунта, близкие к скорости смещения v_{cm} в упругой сейсмической волне. Такие же скорости деформации характерны для сейсмоисточников кодоимпульсного типа и для дебалансного сейсмоисточника «Вибролокатор» и электродинамических вибраторов повышенной частоты, предназначенных для высокочастотной сейсморазведки [5].

Сейсмоисточник должен работать на грунтах с различными реологическими характеристиками. В работе [4] приводятся рассчитанные значения скоростей деформации грунта, определенные с помощью формулы (1) для грунтов зоны малых скоростей при вариациях изменения $\sigma = (2\text{--}7)10^5 \text{ Па}$, $\rho = 1\text{--}2 \text{ кг/м}^3$, $v_p = 300\text{--}500 \text{ м/с}$. Показано, что для грунтов различных плотностей $v_{cm} = 0,2\text{--}0,5 \text{ м/с}$, т. е. изменяется в относительно узком диапазоне. Это объясняется тем, что при переходе от мягких грунтов к более жестким прочность грунтов увеличивается, но при этом примерно в такой же степени увеличивается и акустическое сопротивление ρv_p , что, как следует из формулы (1), приводит к слабому изменению v_{cm} .

С увеличением площади излучающей плиты возрастает и излучающая способность сейсмоисточника. Обыч-

но плиты выполняют прямоугольными или круглыми. С увеличением площади плиты возрастает ее масса, а также так называемая «эквивалентная масса» грунта, участвующая в движении при деформации грунта плитой, что приводит к снижению частотного спектра возбуждаемых сейсмических волн [2].

Однако на снижение частотного спектра с увеличением площади плиты существенное влияние оказывает возрастание длительности упругой деформации грунта. В работе А. А. Харкевича [6] рассмотрена задача деформации упругого полупространства движущимся с постоянной скоростью штампом (ударником). Интересным теоретическим результатом является вывод, что давление на поверхности штамп–грунт через время, которое находится по выражению

$$t_\phi = \frac{D}{v_p}, \quad (2)$$

где D – диаметр штампа; v_p – скорость распространения продольных волн, снижается до нуля и может даже изменять знак.

Таким образом, при воздействии на упругое полупространство штампом (нелинейные свойства грунта не учитывались) формирование сейсмической волны завершается через время t_ϕ , зависящее от диаметра штампа. Дальнейшее перемещение штампа в направлении грунта может приводить к последующему созданию упругих деформаций грунта и формированию сейсмических волн, не использующихся в сейсморазведке. Реальный грунт по мере повышения создаваемых в нем при деформации механических напряжений все в большей мере проявляет свои пластические свойства: под плитой образуется область уплотненного грунта, выполняющая роль «сейсмического очага». Особенности взаимодействия плиты с грунтом при образовании очага с физической точки зрения характеризуются тем, что при образовании очага часть энергии воздействия на грунт расходуется на уплотнение грунта в объеме очага, а с другой стороны, площадь границы очага, определяемая его поверхностью, на которой скорость смещения частиц грунта приближается к v_{cm} по [1], становится больше площади поверхности плиты. Последнее должно приводить к увеличению времени t_ϕ формирования сейсмической волны. В [6] А. А. Харкевичем отмечается особенность формирования сейсмической волны при шаровой форме излучателя в сравнении с излучением расположенной на поверхности упругого полупространства плоской плиты-антенны. При шаровой форме, как это имеет место при взрыве в скважине, за счет дифракции обеспечивается постепенное уменьшение реакции среды на границе очага.

Таким образом, одним из существенных факторов, определяющих преобразование механической энергии импульсного воздействия на грунт излучающей плитой наземного сейсмоисточника в энергию упругих деформаций грунта и, следовательно, в энергию генерируемой сейсмической волны, является скорость и время деформации грунта плитой: чрезмерное их увеличение приводит, соответственно, к увеличению мощности необходимого привода, создающего механическое воздействие на грунт, веса, стоимости и потребляемой сейсмоисточником мощности.

Опыт создания и использования невзрывных источников, работающих на импульсном принципе и впервые предложенных в России, позволяет оценивать эту технологию сейсморазведки как наиболее эффективную, неразрушающую грунт, с сохранением геофизической информативности. Сегодня заключено несколько соглашений о поставке импульсных невзрывных источников типа «Енисей» производства ОАО «Енисейгеофизика» в США, Иран, Индию.

Библиографический список

1. Невзрывные источники сейсмических колебаний: справ. / М. Б. Шнеерсон, А. И. Лугинец, В. К. Андреев [и др.]; под ред. М. Б. Шнеерсона. М.: Недра, 1992.

2. Теория и практика наземной невзрывной сейсморазведки / под ред. М. Б. Шнеерсона. М.: Недра, 1998.

3. Федьинский, В. В. Разведочная геофизика / В. В. Федьинский. М.: Недра, 1967.

4. Молоканов, Г. И. Преобразование механической энергии в сейсмическую при ударе по поверхности / Г. И. Молоканов // Разведочная геофизика. М., 1979. Вып. 65. С. 3.

5. Певзнер, А. А. Широкополосные сейсмические источники / А. А. Певзнер. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007.

6. Харкевич, А. А. Избранные труды. Т. 1. Теория электроакустических преобразователей. Волновые процессы / А. А. Харкевич. М.: Наука, 1973.

V. A. Detkov

PULSED EXPLOSIVE SOURCES OF PROSPECTING SEISMOLOGY WITH ELECTROMAGNETIC DRIVE

Method and construction analysis of explosive sources of seismic waves used at prospecting seismology of oil and gas are given. The operating principle of explosive sources is described. The advantage of pulsed explosive sources realized in the home system «Enisey» is emphasized.

Keywords: explosive, pulsed, seismographs, electromagnetic.

© Детков В. А., 2009

УДК 665.743.3

Ю. Н. Безбородов, И. В. Надежкин, Н. Ф. Орловская, Д. А. Шупранов

К АНАЛИЗУ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ РЕАКТИВНОГО ТОПЛИВА ДЖЕТ А-1 НА БАЗЕ НЕФТИ ЮРУБЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Освоение нефтяных месторождений Эвенкии связано с изучением свойств и показателей качества добываемой нефти и получаемых из нее топлив. Актуальность проблемы обусловлена ужесточающимися экологическими требованиями к получаемым нефтепродуктам, а также мерами по снижению затрат по эксплуатации нефтедобывающего, нефтеперерабатывающего и технологического оборудования.

Ключевые слова: нефть, производство авиационного топлива Джет А-1, сероводородная и меркаптановая сера.

Эвенкийские нефти исследовались на разных стадиях разработки месторождений. По имеющимся данным нефть Юрубченского месторождения Байкитской антеклизы является малосернистой (серы общей 0,18–0,24 %), малосмолистой (смола силикогелевых 2,50–4,76 %, асфальтенов до 0,10 %), парафинистой (парафинов 2,03–3,26 %). Потенциальное содержание фракций, выкипающих до 200 °С составляет 27,00–32,50 %, до 350 °С – 54,60–67,00 %. По данным группового углеводородного состава по мере утяжеления фракций содержание ароматических углеводородов возрастает от 0 до 15 %, парафиновые углеводороды преобладают во всех фракциях.

Нефть Юрубченского месторождения является легкой, малосернистой, малопарафинистой. Она богата светлыми фракциями, относится к нафтеново-метановому типу. Следовательно, среднестиллятные фракции этой нефти по содержанию серы могут удовлетворять требованиям ГОСТ Р 52050–2006 «Топливо авиационное для газотурбинных двигателей Джет А-1 (Jet А-1). Технические условия». Проведены предварительные исследования среднестиллятных фракций, полученных по ГОСТ 2177–99 (способ Б). При небольшом содержании серы общая среднестиллятная фракция юрубченской нефти содержала элементарную серу и следовые количества меркаптанов.

Изучены возможности получения реактивного топлива, соответствующего требованиям ГОСТ Р 52050–2006, на базе среднестиллятных фракций атмосферной перегонки эвенкийской нефти.

Были решены следующие конкретные задачи:

- отобраны представительные пробы нефти;
- определены показатели качества среднестиллятных фракций эвенкийской нефти (температура выкипания 180–300 °С), полученных при разгонке по ГОСТ 2177–99 (способ Б). Для сравнения исследовалась фракция нефти (температура выкипания 40–204 °С);

- проведен анализ коррозионной активности этих фракций (испытание на медной пластинке, содержание сероводорода, метил- и этилмеркаптанов, общей серы) стандартными методами.

Одним из коррозионных агентов почти на всех стадиях первичной переработки нефти является сероводород. По нашим данным исходная юрубченская нефть не содержит существенных количеств сероводорода (ГОСТ 50802–95 «Нефть. Метод определения сероводорода, метил- и этилмеркаптанов»).

Определение фракционного состава нефти заключалось в ее разгонке в аппарате АРНС-Э, с получением дистиллятов: нефти, среднестиллятной фракции и мазута. Температуры кипения нефти от 40 до 205 °С; среднестиллятной фракции от 180 до 300 °С.

В процессе перегонки нефти наблюдалось выделение сероводорода с температуры 100–120 °С до конца перегонки 300 °С. Элементарная сера была обнаружена при получении нефти и среднестиллятной фракции.

Определение коррозионной активности проводилось согласно ГОСТ 6321 «Топливо для двигателей. Метод испытания на медной пластинке» (табл. 1).

По результатам испытаний наибольшее коррозионное воздействие на медь оказала нефть, полученная из нефти Юрубченского месторождения (класс 3а). Нефть выдерживала испытание на медной пластинке.

Далее были проведены исследования фракций нефти Юрубченского месторождения, полученных на нефтеперерабатывающем заводе, на содержание общей серы (ГОСТ Р 50442 «Нефть и нефтепродукты. Рентге-

нофлуоресцентный метод определения серы») и сероводорода и меркаптанов (ГОСТ Р 50802 «Нефть. Метод определения сероводорода, метил- и этилмеркаптана») (табл. 2.)

Исследования показали наличие в среднестиллятных фракциях серы $S_{\text{общ}} = 485$ мг/кг (ниже максимально возможного по ГОСТ Р 52050–2006). Кроме того, обнаружено присутствие в среднестиллятной фракции метил- (0,237 мг/кг) и этилмеркаптанов (0,167 мг/кг). Остальное из 0,0485 % общей серы среднестиллятной фракции приходится на элементарную и остаточную серу.

Среднестиллятная фракция юрубченской нефти содержала также незначительное количество 1-октадекантиола (октадецилмеркаптана). Он был обнаружен при анализе газовой хромато-масс-спектрометрией (ГХМС) сернокислотного экстракта этой фракции (H_2SO_4 , 93 %; экстракция дизельной фракции, разбавление экстракта водой, реэкстракция диэтиловым эфиром). Органические сульфиды в экстракте не присутствовали.

Коррозионная активность легких фракций юрубченской нефти является результатом содержания в них сероводорода, меркаптанов и элементарной серы.

Первоначальное присутствие тиолов (меркаптанов) в нефти обычно невелико. В юрубченской нефти был обнаружен лишь этилмеркаптан в концентрации 0,136 мг/кг (ГОСТ 50802 «Нефть. Метод определения сероводорода, метил- и этилмеркаптанов»).

Отличительным признаком тиолсодержащих нефтей является высокое содержание тиольной и общей серы в головных бензиновых фракциях при относительно невысоком содержании общей серы в исходной нефти. Для юрубченской нефти наблюдается следующее соотношение: $S_{\text{общ нефти}} = 0,196$ %; $S_{\text{общ нефти}} = 0,034$ 5 % (ГОСТ Р 51947–2002 «Нефть и нефтепродукты. Определение серы методом энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии»).

Сероводород, меркаптаны и элементарная сера образуются в среднестиллятной фракции юрубченской нефти как вторичные продукты разложения сероорганических соединений при термическом воздействии в процессе перегонки.

Таблица 1

Определение коррозионной активности фракций нефтей по ГОСТ 6321

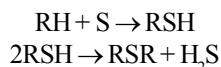
Фракция, наименование образца нефти	Описание цвета пластинок после испытания	Степень коррозии, классификация
Юрубченская нефть	Пурпурно-красный, нанесенный на пластинку латунно-желтого цвета	Сильное потускнение, 3а
Юрубченская среднестиллятная фракция	Темно-оранжевый	Незначительное потускнение, 1б

Таблица 2

Содержание в нефти и среднестиллятной фракции меркаптанов, сероводорода и общей серы

Проба нефтепродукта	Содержание в пробе меркаптанов и общей серы			
	Метилмеркаптан, мг/кг (% мас)	Этилмеркаптан, мг/кг (% мас)	Сероводород, мг/кг (% мас)	Сера общая, мг/кг (% мас)
Нефть	2,06 ($2,06 \cdot 10^{-4}$)	18,5 ($18,5 \cdot 10^{-4}$)	0,111 ($0,111 \cdot 10^{-4}$)	345 ($345 \cdot 10^{-4}$)
Среднестиллятная фракция	0,237 ($0,237 \cdot 10^{-4}$)	0,167 ($0,167 \cdot 10^{-4}$)	не обнаружено	485 ($485 \cdot 10^{-4}$)

Сероводород выделяется при нагревании нефти до 120 °С и более, причем количество сероводорода может возрасти при наличии элементарной серы, например, в соответствии с реакциями



Таким образом, на основании полученных данных сделан вывод о возможности проведения дополнительных способов обработки (удаление элементарной серы, демеркаптанация, щелочная экстракция сероводорода) для доведения показателей качества исследуемых фракций до требований ГОСТ Р 52050–2006.

Ju. N. Bezborodov, I. V. Nadeykin, N. F. Orlovskaya, D. A. Shupranov

OIL OF THE JURUBCHENSKY DEPOSIT-POTENTIAL RAW MATERIAL FOR PRODUCTION JET A-1 AVIATION FUEL

The development of oil deposits in the Evenki Autonomous Area is connected with study of the properties and quality index of extracted crude oil and oil fuels.

The ecological requirements to oil products growth are more stringent today. Also measures to low oil extraction costs, oil processing and equipment exploitation are to be met. Therefore, the crude oil and oil fuel properties study is very important.

Keywords: oil, manufacture of Jet A-1 aviation fuel, hydrogen sulfide, thiols.

© Безбородов Ю. Н., Надежкин И. В., Орловская Н. Ф., Шупранов Д. А., 2009

УДК 625.084/085:625.855.3

Р. Т. Емельянов, А. П. Прокопьев, А. С. Климов, Д. И. Сорокин

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАШИН ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрена разработка системы адаптивного автоматического управления уплотняющим рабочим органом. Предлагается алгоритм программного управления рабочим органом асфальтоукладчика. Представлены схемы Simulink-моделей основных элементов подсистемы уплотняющего оборудования асфальтоукладчика. Приводится реализация алгоритма управления на основе программной системы MATLAB&Simulink и результаты моделирования.

Ключевые слова: асфальтоукладчик, трамбующие брусья, тензодатчики, подсистема MATLAB&Simulink.

Современное развитие техники и технологий определяет высокие требования к системам управления. Методы совершенствования качества и надежности функционирования управляемых систем в значительной степени определяются используемыми математическими методами и моделями. Это особенно проявляется в работающих дорожно-строительных машинах, динамическое поведение контролируемых параметров которых носит нелинейный характер. Построение моделей, адекватных динамическому поведению, определяет проектирование качественных и надежных систем автоматического управления.

Асфальтоукладчик – центральная машина дорожно-строительного комплекса. Он обеспечивает укладку, профилирование и предварительное уплотнение слоя асфальтобетонной смеси. Современные асфальтоукладчики оснащены системами автоматического управления рабочим оборудованием, обеспечивающими заданную ровность и угол наклона дорожного полотна. Однако качество дорожного покрытия в значительной сте-

пени определяется коэффициентом уплотнения асфальтобетонной смеси, зависящим от неоднородности толщины укладываемой смеси асфальтобетона и жесткости конструкции уплотняющего оборудования. В процессе уплотнения необходимо обеспечивать управление рабочим органом по степени уплотнения асфальтобетонной смеси. Эффективность автоматического управления рабочими процессами можно повысить за счет создания адаптивных систем управления, параметры которых подстраиваются под изменяющиеся условия рабочих процессов.

Одной из актуальных задач дорожной отрасли является оптимизация рабочего процесса уплотнения асфальтобетонного покрытия, выполняемого рабочими органами асфальтоукладчика. Системы автоматического управления, устанавливаемые на асфальтоукладчиках, не имеют подсистем управления уплотнением. Ручная настройка режимных параметров не всегда обеспечивает требуемый коэффициент уплотнения, влияющий на качественные показатели дорожного покрытия. В таких слу-

чаях приходится дополнительно увеличивать количество проходов катка, что ведет к возрастанию расходов на топливо и заработную плату рабочим, а также себестоимости дорожного строительства.

Целью статьи является разработка метода адаптивного управления подсистемой уплотнения асфальтоукладчика для обеспечения оптимальной степени уплотнения в процессе дорожного строительства.

Процесс уплотнения асфальтобетонной смеси с помощью асфальтоукладчика начинается с того, что оператор, исходя из рекомендаций нормативных документов, назначает скорость движения асфальтоукладчика и частоту вращения эксцентрикового вала привода трамбующих брусьев.

При всей тщательности выбора данных начальных режимных параметров предугадать неровности микро-рельефа, а также изменение свойств асфальтобетонной смеси при охлаждении практически невозможно. Но можно косвенно судить о распределении неровностей и плотности основания, а соответственно, об ожидаемом коэффициенте уплотнения асфальтобетонной смеси.

На основании исследований асфальтоукладчика с перспективным уплотняющим рабочим органом [1], проведенных в реальных условиях эксплуатации, были получены экспериментальные зависимости, позволяющие создать систему управления процессом уплотнения. На трамбующих брусьях асфальтоукладчика были установлены тензодатчики, которые фиксировали изменение усилия на трамбующих брусьях в зависимости от частоты трамбования и скорости движения (рис. 1, где F_{1M} и F_{2M} – это усилия на первом и втором бруссе соответственно). Также фиксировался коэффициент уплотнения в зависимости от частоты трамбования n_1 и скорости движения асфальтоукладчика V (рис. 2).

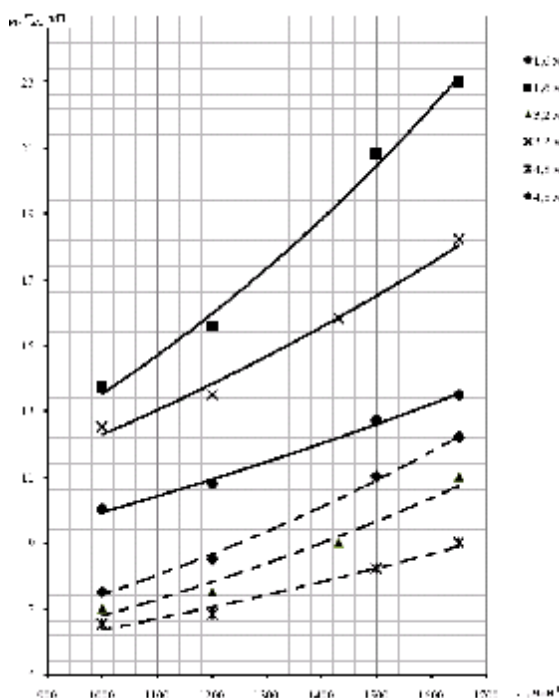


Рис. 1. Зависимость усилия на трамбующих брусьях от частоты трамбования при различных скоростях движения асфальтоукладчика

Если сопоставить данные двух графиков, то можно получить зависимость коэффициента уплотнения K_y от усилий на трамбующих брусьях.

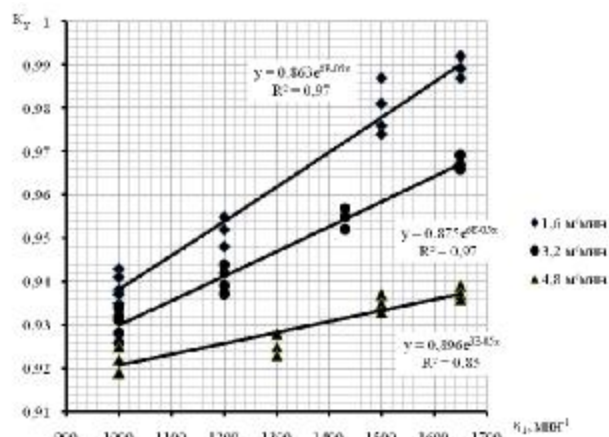


Рис. 2. Зависимость коэффициента уплотнения от частоты трамбования при различных скоростях движения асфальтоукладчика

Законы изменения коэффициента уплотнения от усилий на брусьях достаточно точно аппроксимируются в среде MATLAB с помощью многочленов второй – $\gamma = \rho_1 \chi^2 + \rho_2 \chi + \rho_3$ и четвертой степени – $\gamma = \rho_1 \chi^4 + \rho_2 \chi^3 + \rho_3 \chi^2 + \rho_4 \chi + \rho_5$. Таким образом, можно создать математическую модель управления процессом уплотнения асфальтоукладчика, руководствуясь данными с датчиков усилия брусьев. Предлагается алгоритм управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси, блок-схема которого изображена на рис. 3.

В данном алгоритме, в качестве начальных параметров, машинисту-оператору достаточно задать скорость движения и требуемый коэффициент уплотнения. Задание начальной частоты трамбования необязательно, но желательно задать ее сразу, исходя из рекомендаций нормативной литературы, для обеспечения на первых циклах трамбования коэффициента уплотнения, близкого к проектному.

После запуска алгоритма система автоматического управления получит данные об усилиях, возникших на трамбующем бруссе, и передаст их математическую модель, построенную на основе экспериментальных зависимостей. В зависимости от усилий на брусьях модель выдаст ожидаемый коэффициент уплотнения, а на сравнении его с проектным сделает выводы: требуется ли повысить частоту трамбования для достижения заданного K_y либо уменьшить ее.

Преимущество данной системы в том, что если оператор ошибется в задании частоты трамбования, то она быстро установит ее на требуемый уровень. Также, если в процессе уплотнения появится неровный участок, увеличится толщина, то частота трамбования изменится и будет получена требуемая степень уплотнения на всем участке. Таким образом, получается адаптивная интеллектуальная система.

Реализация алгоритма управления выполнена с помощью современной специальной программной системы компьютерной математики – матричной математи-

ческой системы MATLAB [2; 3], пакета визуального имитационного и ситуационного моделирования Simulink, позволяющего исследовать линейные и нелинейные блочные динамические системы и устройства произвольного назначения (рис. 4).

Начальные параметры: частота трамбования и скорость асфальтоукладчика подаются на вход модели асфальтоукладчика (рис. 5).

Это сделано для наглядной демонстрации работы алгоритма управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси. Внутри данной модели существуют две подсистемы для генерации усилий на первом и втором трамбующих брусках. Генерация усилий основана на данных (см. рис. 1, 2), к которым прибавляется некоторый шум, обычно возникающий на тензодатчиках при работе реального асфальтоукладчика, при этом шум на

первом бруске частично влияет и на второй брус, так как во многом связан с неровностями и неравномерностями распределения плотности смеси по рабочему участку.

Далее, как видно из реализации алгоритма (см. рис. 4), информационные сигналы с тензодатчиков на брусках передаются на контроллер, кроме этого, ему на вход также подходит требуемый коэффициент уплотнения и шаг изменения частоты трамбования.

В контроллере, на основании усилий с трамбующих брусков, генерируется ожидаемый коэффициент уплотнения, который, в свою очередь, проходит некоторую фильтрацию в блоке limits с целью отсеивания «выбросов» системы.

Выходом контроллера является положительный или отрицательный заданный шаг изменения частоты, в за-

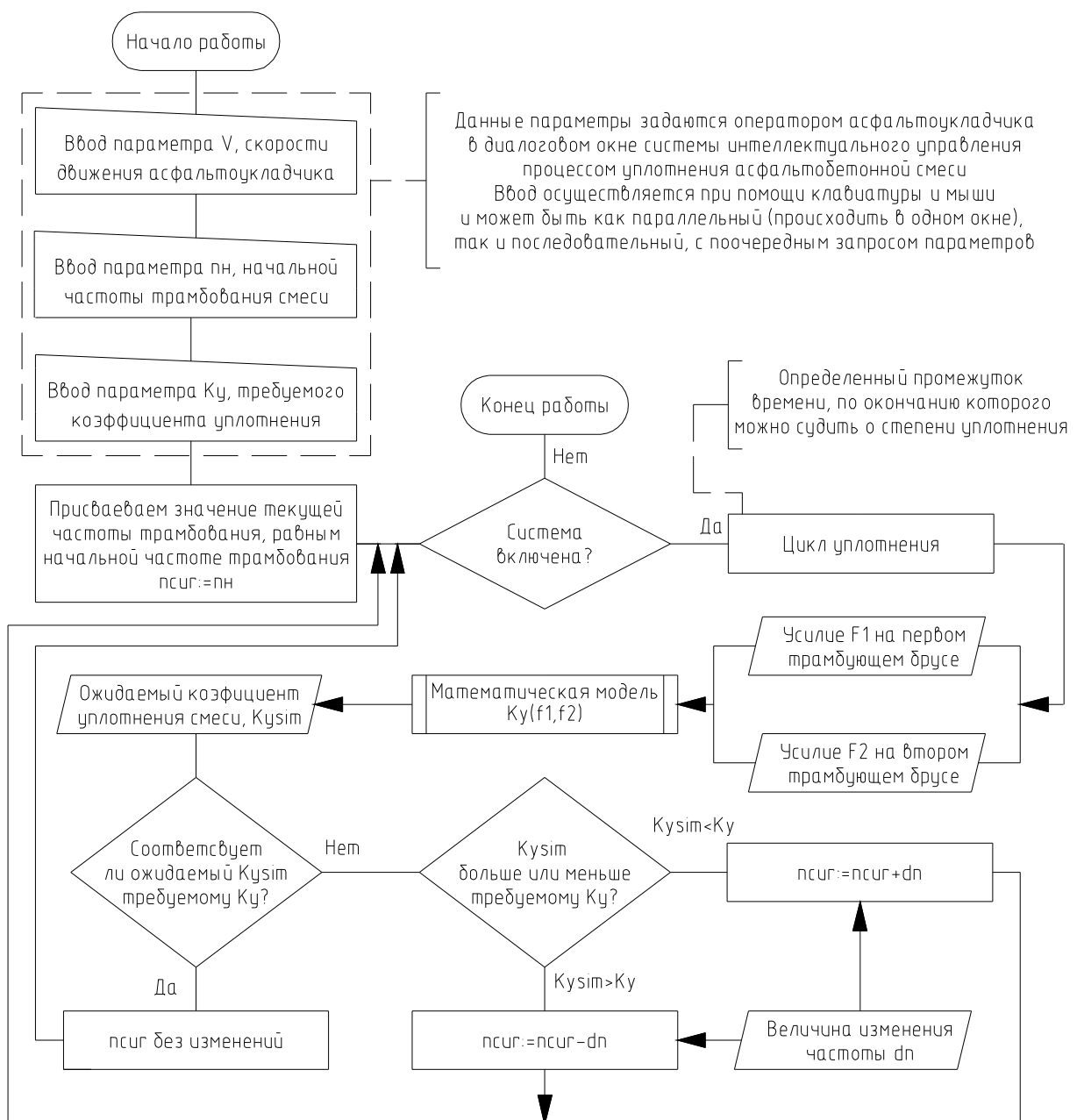


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы системы управления рабочим органом асфальтоукладчика в процессе уплотнения асфальтобетонной смеси

висимости от требуемого и ожидаемого коэффициента уплотнения (если требуется обеспечить большую частоту, т. е. больший коэффициент уплотнения, то вход положительный, и наоборот). Также контроллер выдает данные для отладки – ожидаемый коэффициент уплотнения.

Основной выход контроллера (величина изменения частоты) складывается с текущей частотой и присваивается в качестве новой частоты трамбования. Оптимизация частоты проводится на каждом цикле процесса уплотнения, что позволяет достичь большего качества уплотнения смеси, повышения производительности, с наименьшими затратами ресурсов как энергетических, так и человеческих.

Проведены испытания на математических моделях, разработанных в среде MATLAB/Simulink (рис. 6–8). Как видно, система управления эффективно оптимизирует процесс уплотнения асфальтобетонной смеси, так что ее можно рекомендовать в качестве модернизации суще-

ствующих систем автоматического управления, добавлением подсистемы уплотнения.

При моделировании (рис. 7) система управления сразу же «заметила» недостаточность текущей частоты трамбования и постепенно увеличивала ее. Как только система достигла показателей, близких к заданному K_y , оптимизация продолжается в зависимости от неровностей микрорельефа основания.

На основе опытных данных разработана блок-схема системы автоматического управления уплотняющим рабочим органом асфальтоукладчика. Сформирована модель системы управления с применением программного комплекса MATLAB&Simulink. В результате выполненной работы создан комплекс для моделирования рабочего процесса уплотнения асфальтобетонной смеси, исследования и оптимизации режимных параметров процесса уплотнения. Важной особенностью разработанных моделей является их доступность и возможность широкого применения в исследовательской и инженерной практике.

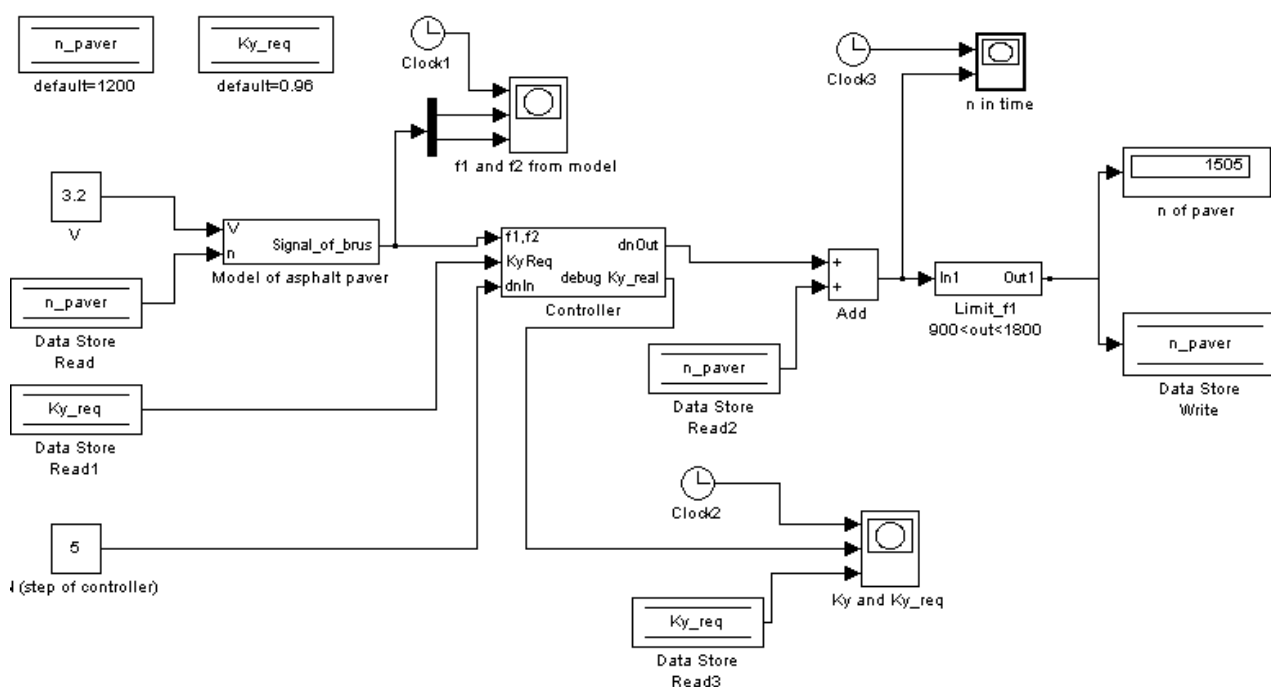


Рис. 4. Реализация алгоритма в среде MATLAB/Simulink

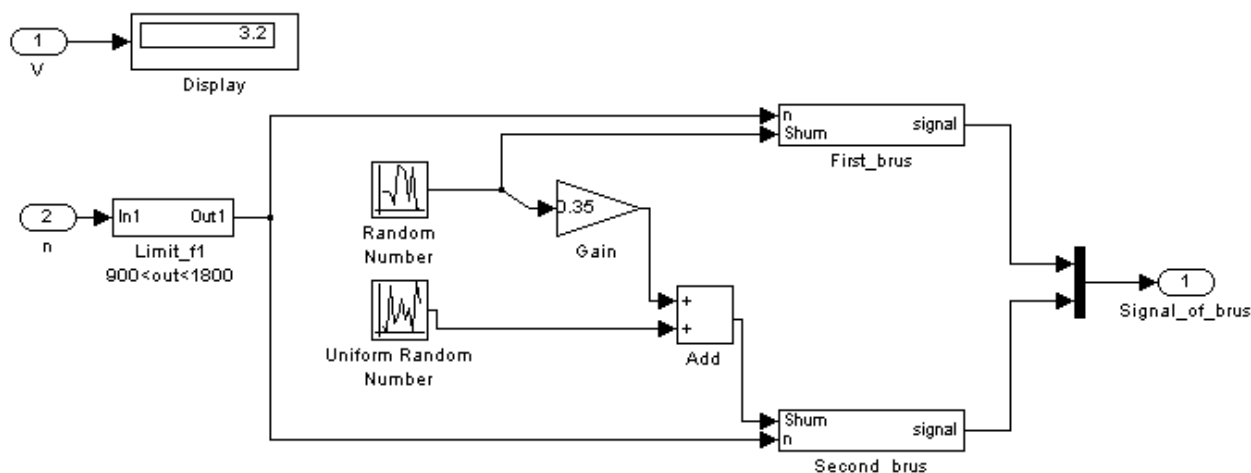


Рис. 5. Реализация модели асфальтоукладчика

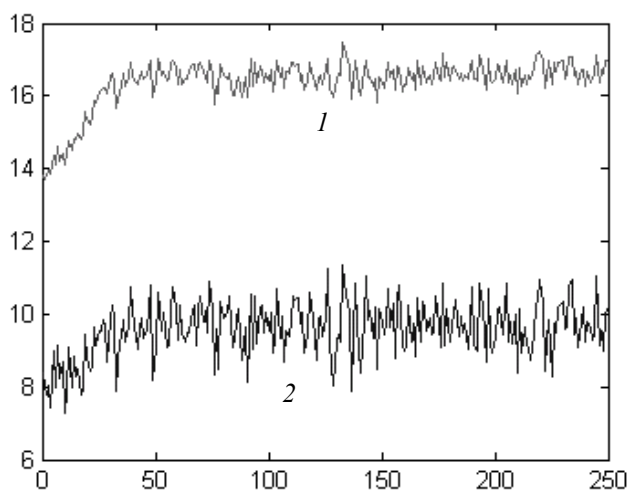


Рис. 6. Генерируемые усилия на трамбующих брусках:
1 – первый брус; 2 – второй брус

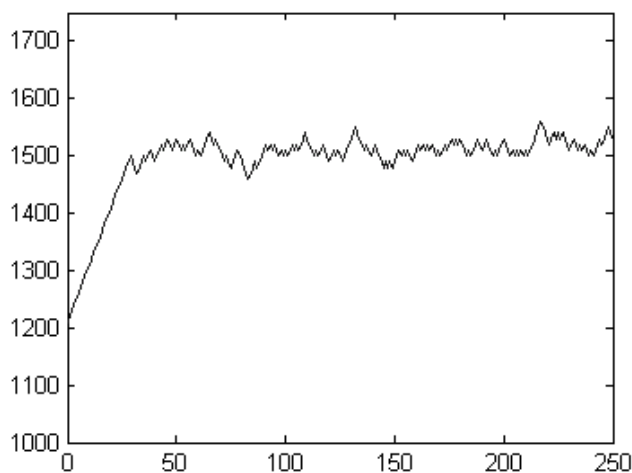


Рис. 7. Изменение частоты трамбования во времени

Библиографический список

1. Прокопьев, А. П. Исследование уплотняющего оборудования асфальтоукладчика / А. П. Прокопьев // Известия вузов. Строительство. 1994. № 4.
2. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании / В. П. Дьяконов. М. : Солон-Пресс, 2005.
3. Дьяконов, В. П. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, В. В. Круглов. СПб. : Питер, 2001.

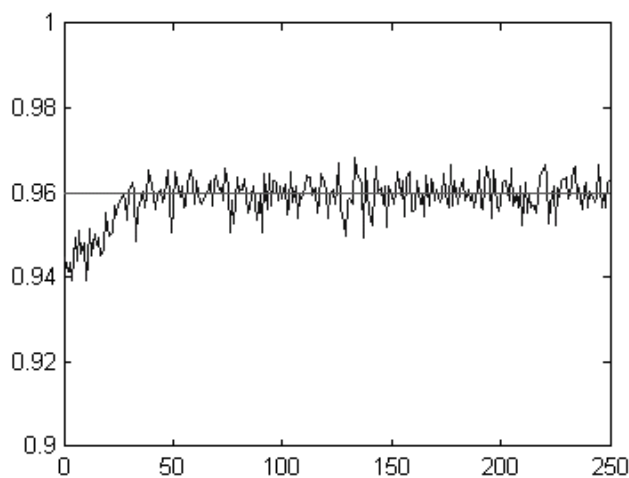


Рис. 8. Моделирование ожидаемого коэффициента уплотнения K_y во времени при работе системы управления процессом уплотнения при требуемом значении 0,96

R. T. Emelyanov, A. P. Prokopyev, A. S. Klimov, D. I. Sorokin

SIMULATION CONTROL SYSTEM BY MACHINES OF ROAD BUILDING COMPLEX

This paper is devoted to the development of the adaptive automatic control by sealing body. The algorithm program control body of asphalt laying machine. A scheme Simulink-models of the main elements of the seal subsystem equipment of asphalt laying machine. An implementation of the algorithm-based control software system MATLAB & Simulink and simulation results are given.

Keywords: asphalt laying machine, tamper bars, strain gauge, subsystem MATLAB&Simulink.

© Емельянов Р. Т., Прокопьев А. П., Климов А. С., Сорокин Д. И., 2009

УДК 621.396.96.001(07)

А. А. Кишкин, А. А. Зуев, М. Г. Мелкозеров, Е. В. Черненко, А. С. Константинов

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРНЫЕ ТОЛЩИНЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАКОНАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ

Проведено исследование степенного и градиентного профиля распределения скорости, получены выражения для относительных характеристик толщины динамического пространственного пограничного слоя. С учетом отношения толщины потери импульса получено выражение для закона трения градиентного профиля распределения скорости.

Ключевые слова: пространственно пограничный слой, толщина потери импульса, толщина вытеснения, закон распределения профиля скорости, закон трения.

Существующие на сегодняшний день логарифмические и степенные профили для аппроксимации эпюры скорости в пристеночном пограничном слое (рис. 1) имеют существенные недостатки [1].

При логарифмическом законе распределения при $\bar{y} \rightarrow 0$; $\bar{u} \rightarrow -\infty$, что физически нереально, логарифмическая формула не может описывать распределение скоростей турбулентного потока в непосредственной близости от стенки, поскольку существует вязкий подслой, течение в котором характеризуется значительным влиянием сил вязкости и определяется почти линейным законом распределения ($\tau_0 = \mu \frac{du}{dy} = \text{const}$ и $\frac{du}{dy} = \text{const}$), подобно ламинарному безнапорному течению (течению Куэтта).

Кроме того, $\frac{\partial u}{\partial y} \neq 0$ на толщине пограничного слоя (на оси трубы) как для степенного, так и для логарифмического профиля. Между тем, естественным условием на оси, подтверждаемым опытными данными, является $\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)_{y=\delta=R} = 0$. Несмотря на эти недостатки профили (рис. 1) в основной части турбулентного ядра потока со-

гласуются с опытными данными многих исследователей. Согласно Л. Прандтлю [2] установлен теоретический закон распределения скорости в поперечном сечении турбулентного потока в цилиндрической трубе, где y – расстояние от оси трубы либо от верхней границы пограничного слоя:

$$u = U - \frac{U^*}{\chi} \ln \frac{R}{R-y}, \quad (1)$$

где U – скорость на оси трубы; R – радиус трубы или толщина пограничного слоя δ ; χ – опытный числовой коэффициент; $U^* = \left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)^{0.5}$ – динамическая скорость; $\tau_0 = \lambda \rho \frac{U_{cp}}{8}$ – напряжение трения; U_{cp} – средняя скорость.

Приближенно распределение скоростей при турбулентном течении предлагается оценивать вместо формулы (1) выражением

$$\frac{U-u}{U} = \left(\frac{y}{R}\right)^m, \quad (2)$$

при $y=0$ – точка на оси трубы $u=U$ – согласуется с теоретическим значением (1). Примем более удобное для нашего случая обозначение y как расстояние от непод-

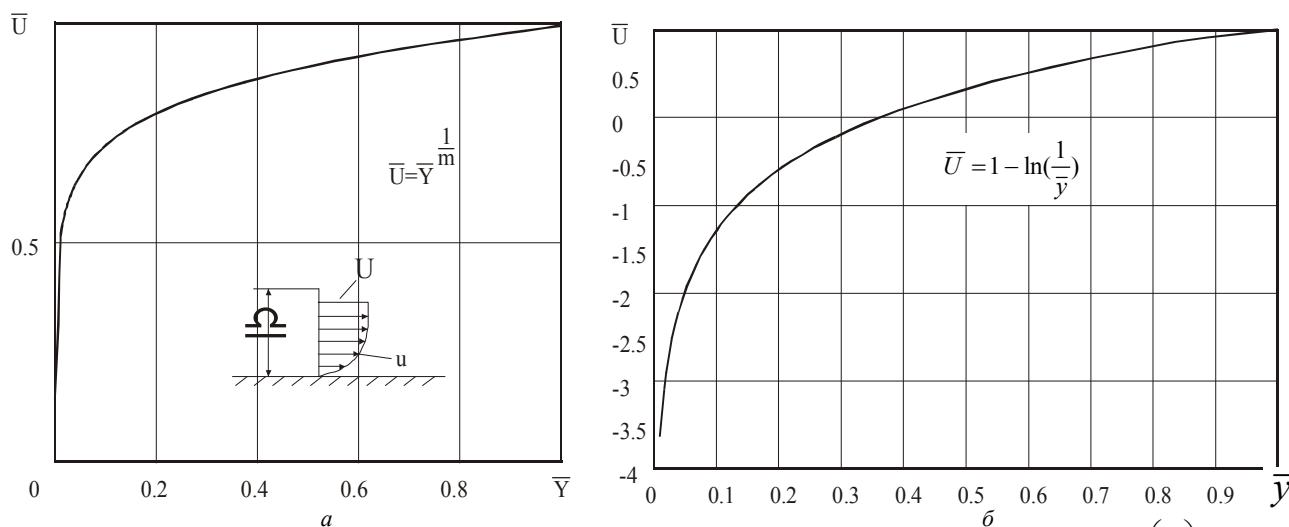


Рис. 1. Степенной (а) и логарифмический (б) профили скоростей в пристеночном пограничном слое: $\bar{y} = \left(\frac{y}{\delta}\right)$ – относительная координата; δ – толщина пограничного слоя; $\bar{u} = \frac{u}{U}$ – относительная скорость

вижной стенки, тогда формула (2) преобразуется следующим образом:

$$\frac{U-u}{U} = \left(\frac{R-y}{R} \right)^m, \quad (3)$$

или после преобразований с учетом $\bar{u} = \frac{u}{U}$; $\bar{y} = \frac{y}{R}$ получим уравнение, выразив $\bar{u}$:

$$\bar{u} = 1 - (1 - \bar{y})^m. \quad (4)$$

Графически зависимость (4) представлена на рис. 2 совместно с выражением:

$$\bar{u} = \bar{y}^{\frac{1}{m}}. \quad (5)$$

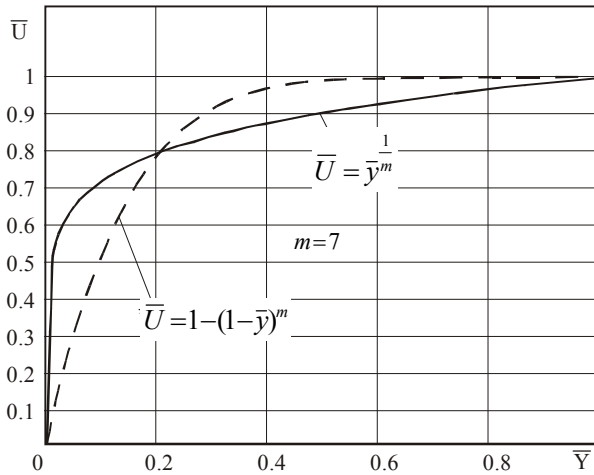


Рис. 2. Распределение профилей скоростей градиентного и степенного закона

Следует отметить, что профиль (2) не имеет недостатков логарифмического (1) и степенного (5) профилей: в центре трубы $\frac{\partial u}{\partial R} = 0$ и производную на неподвижной стенке:

$$\frac{\partial}{\partial \bar{y}} [1 - (1 - \bar{y})^m] = m(1 - \bar{y})^{m-1}. \quad (6)$$

Основные выражения для характерных толщин ППС степенного закона (5):

– толщина вытеснения

$$\begin{aligned} \delta_\phi^* &= \int_0^{\delta_\phi^*} \left(1 - \frac{u}{U} \right) dy = \\ &= \int_0^{\delta_\phi^*} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{m}} \right) dy = \frac{\delta}{m+1} = \delta^*; \end{aligned} \quad (7)$$

– толщина потери импульса продольного потока

$$\begin{aligned} \delta_\phi^{**} &= \int_0^{\delta} \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U} \right) dy = \int_0^{\delta} \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{m}} \times \\ &\times \left(1 - \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{m}} \right) dy = \frac{m}{(m+1)(m+2)} \delta. \end{aligned} \quad (8)$$

Относительная характерная толщина (H) для степенного закона распределения профиля скорости рассчитывается по выражению

$$H = \frac{\delta_\phi^*}{\delta_\phi^{**}} = \frac{\delta}{(m+1)} \frac{(m+1)(m+2)}{\delta m} = \frac{m+2}{m}. \quad (9)$$

Толщина потери импульса продольного потока в поперечном направлении для степенного закона распределения профиля скорости (учтем, что профиль поперечной скорости выбираем по рекомендации) [3]:

$$w = U \varepsilon \frac{u}{U} \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right); \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \delta_{\psi\phi}^{**} &= \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{u}{U} \right) \frac{w}{U} dy = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{m}} \times \\ &\times \varepsilon \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{1}{m}} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{3}{m}} \right) dy = \\ &= \varepsilon \delta m \left(\frac{1}{m+1} - \frac{1}{m+2} - \frac{1}{m+4} + \frac{1}{m+5} \right) = \\ &= \frac{\varepsilon \delta m (6m+18)}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)(m+5)}, \end{aligned} \quad (11)$$

где ε – тангенс скоса данной линии тока.

Относительная характерная толщина (J) для степенного закона распределения профиля скорости с учетом (11), (8) находится по выражению

$$J = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\phi}^{**}}{\delta_\phi^{**}} = \frac{6(m+3)}{(m+4)(m+5)}. \quad (12)$$

Толщина потери импульса поперечного потока в продольном направлении для степенного закона распределения профиля скорости:

$$\begin{aligned} \delta_{\psi\phi}^{**} &= \int_0^{\delta} \frac{w}{U} \frac{u}{U} dy = \int_0^{\delta} \varepsilon \frac{u}{U} \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right) \frac{u}{U} dy = \\ &= \varepsilon \int_0^{\delta} \left(\left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{2}{m}} + \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{3}{m}} \right) dy = \\ &= \varepsilon \delta m \left(\frac{1}{m+2} - \frac{1}{m+5} \right) = \varepsilon \delta \frac{3m}{(m+2)(m+5)}. \end{aligned} \quad (13)$$

Относительная характерная величина (M) для степенного закона распределения профиля скорости с учетом (13), (8) имеет вид

$$M = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\phi}^{**}}{\delta_\phi^{**}} = \frac{3(m+1)}{m+5}. \quad (14)$$

Толщина вытеснения поперечного потока рассчитывается по формуле

$$\delta_\psi^* = \int_0^{\delta} \frac{w}{U} dy = \int_0^{\delta} \varepsilon \frac{u}{U} \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right) dy = \varepsilon \delta \frac{3m}{(m+1)(m+4)}. \quad (15)$$

Обратим внимание, что $\delta_{\psi\phi}^{**} = \delta_\psi^* - \delta_{\phi\psi}^{**}$ [3], тогда с учетом (15) и (11) получаем выражение, тождественное (13):

$$\begin{aligned} \delta_{\psi\phi}^{**} &= \delta_\psi^* - \delta_{\phi\psi}^{**} = \varepsilon \delta \frac{3m}{(m+1)(m+4)} - \\ &- \varepsilon \delta \frac{m(6m+18)}{(m+1)(m+2)(m+4)(m+5)} = \\ &= \frac{\varepsilon \delta m}{(m+1)(m+4)} \left(\frac{3m^2+15m+12}{(m+2)(m+5)} \right) = \\ &= \varepsilon \delta \frac{3m}{(m+2)(m+5)}. \end{aligned}$$

Толщина потери импульса поперечного потока степенного закона распределения профиля скорости имеет вид

$$\begin{aligned}\delta_{\psi}^{**} &= \int_0^{\delta} \frac{\omega^2}{U^2} dy = \int_0^{\delta} \varepsilon^2 \left(\frac{u}{U} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right)^2 dy = \\ &= \int_0^{\delta} \varepsilon^2 \left(\frac{u}{U} - \left(\frac{u}{U} \right)^4 \right)^2 dy = \\ \varepsilon^2 &= \int_0^{\delta} \left(\left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{2}{m}} - 2 \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{5}{m}} + \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{8}{m}} \right) dy = \\ &= \varepsilon^2 \delta m \left(\frac{(1-m)(m+8) + (m+2)(m+5)}{(m+2)(m+5)(m+8)} \right) = \\ &= \varepsilon^2 \delta \frac{18m}{(m+2)(m+5)(m+8)} = \delta_{\psi}^{**}. \quad (16)\end{aligned}$$

Относительная характерная толщина (L) для степенного закона распределения профиля скорости с учетом (16) и (8) равна

$$L = \frac{1}{\varepsilon^2} \frac{\delta_{\psi}^{**}}{\delta_{\phi}^{**}} = \frac{18(m+1)}{(m+5)(m+8)}. \quad (17)$$

Относительная характерная толщина (F) связана с другими [3] и имеет вид

$$F = \frac{L}{JM}. \quad (18)$$

Относительная (существенно положительная) характерная величина (K) для степенного закона распределения профиля скорости находится по уравнению

$$\begin{aligned}K &= M + J = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\phi}^{**}}{\delta_{\phi}^{**}} + \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\phi\psi}^{**}}{\delta_{\phi}^{**}} = \\ &= \frac{484m^4 + 367m^3 + 115m^2 + 17m + 1}{(3m+1)^2(4m+1)(5m+1)}.\end{aligned}$$

Рассмотрим аналогичные толщины ППС для закона профиля (4), $\bar{u} = 1 - (1 - \bar{y})^m$, толщина вытеснения (δ_{ϕ}^{*}) выглядит следующим образом:

$$\delta_{\phi}^{*} = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{u}{U} \right) dy = \int_0^{\delta} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{m}{m+1}} \right) dy.$$

Произведя замену переменных $z = 1 - \frac{y}{\delta}$; $dz = -\frac{dy}{\delta}$, получим выражение

$$\delta_{\phi}^{*} = \frac{\delta}{m+1}. \quad (19)$$

Толщина потери импульса продольного потока составит

$$\delta_{\phi}^{**} = \int_0^{\delta} \frac{u}{U} \left(1 - \frac{u}{U} \right) dy = \int_0^{\delta} \left(1 - \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{m}{m+1}} \right) \left(\frac{y}{\delta} \right)^{\frac{m}{m+1}} dy.$$

Произведя аналогичную (19) замену переменных, получим формулу

$$\delta_{\phi}^{**} = \frac{\delta m}{(m+1)(2m+1)}. \quad (20)$$

Относительная характерная толщина (H) для градиентного закона распределения профиля скорости имеет вид

$$H = \frac{\delta_{\phi}^{*}}{\delta_{\phi}^{**}} = \frac{\delta}{(m+1)} \frac{(m+1)(2m+1)}{\delta m} = \frac{2m+1}{m}. \quad (21)$$

Учтем, что профиль поперечной скорости [4] определяется выражением (10), толщина потери импульса продольного потока в поперечном направлении выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}\delta_{\phi\psi}^{**} &= \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{u}{U} \right) \frac{w}{U} dy = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \varepsilon \times \\ &\times \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right) \left[1 - \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^3 \right] dy,\end{aligned}$$

сделав подстановку (19), после достаточно громоздких преобразований получим выражение

$$\delta_{\phi\psi}^{**} = \varepsilon \delta \left(\frac{3}{2m+1} - \frac{6}{3m+1} + \frac{4}{4m+1} - \frac{1}{5m+1} \right),$$

или в другом виде

$$\delta_{\phi\psi}^{**} = \frac{\varepsilon \delta m (36m^2 + 11m + 1)}{(2m+1)(2m+1)(4m+1)(5m+1)}. \quad (22)$$

Относительная характерная толщина (J) для закона профиля (4) с учетом (20) и (22):

$$J = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\phi\psi}^{**}}{\delta_{\phi}^{**}} = \frac{(m+1)(36m^2 + 11m + 1)}{(3m+1)(4m+1)(5m+1)}. \quad (23)$$

Толщина потери импульса поперечного потока в продольном направлении для закона профиля (4) рассчитывается по выражению

$$\begin{aligned}\delta_{\psi\phi}^{**} &= \int_0^{\delta} \frac{w}{U} \frac{u}{U} dy = \varepsilon \int_0^{\delta} \frac{u}{U} \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right) \frac{u}{U} dy = \\ &= \varepsilon \int_0^{\delta} \left[\left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^2 - \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^5 \right] dy.\end{aligned}$$

Произведя замену переменных (19), после интегрирования имеем

$$\delta_{\psi\phi}^{**} = \varepsilon \delta \left(\frac{3}{m+1} - \frac{9}{2m+1} + \frac{10}{3m+1} - \frac{5}{4m+1} + \frac{1}{5m+1} \right),$$

или в другом виде

$$\delta_{\psi\phi}^{**} = \frac{2\varepsilon \delta m^2 (47m^2 + 12m + 1)}{(m+1)(2m+1)(3m+1)(4m+1)(5m+1)}. \quad (24)$$

Относительная характерная величина (M) для градиентного закона распределения профиля скорости с учетом (24) и (20):

$$\begin{aligned}M &= \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\phi}^{**}}{\delta_{\phi}^{**}} = \\ &= \frac{1}{\varepsilon} \frac{\varepsilon \delta 2m^2 (47m^2 + 12m + 1)}{(m+1)(2m+1)(3m+1)(4m+1)(5m+1)} \times \\ &\times \frac{(m+1)(2m+1)}{\delta m} = \frac{2m(47m^2 + 12m + 1)}{(3m+1)(3m+1)(5m+1)}. \quad (25)\end{aligned}$$

Толщина вытеснения поперечного потока имеет вид

$$\begin{aligned}\delta_{\psi}^{*} &= \int_0^{\delta} \frac{w}{U} dy = \int_0^{\delta} \varepsilon \frac{u}{U} \left(1 - \left(\frac{u}{U} \right)^3 \right) dy = \\ &= \varepsilon \int_0^{\delta} \left[1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m - \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^4 \right] dy,\end{aligned}$$

После замены переменных (19) и интегрирования получаем выражение:

$$\delta_{\psi}^* = \varepsilon \delta \left(\frac{3}{m+1} - \frac{6}{2m+1} + \frac{4}{3m+1} - \frac{1}{4m+1} \right),$$

или

$$\delta_{\psi}^* = \frac{\varepsilon \delta (26m^3 + 9m^2 + m)}{(m+1)(2m+1)(3m+1)(4m+1)}. \quad (26)$$

Отметим, что проверка по выражению

$$\begin{aligned} \delta_{\psi\varphi}^{**} &= \delta_{\psi}^* - \delta_{\varphi\psi}^{**} = \frac{\varepsilon \delta (26m^3 + 9m^2 + m)}{(m+1)(2m+1)(3m+1)(4m+1)} - \\ &- \frac{\varepsilon \delta (36m^3 + 11m^2 + m)}{(2m+1)(3m+1)(4m+1)(5m+1)} = \\ &= \frac{2\varepsilon \delta m^2 (47m^2 + 12m + 1)}{(m+1)(2m+1)(3m+1)(4m+1)(5m+1)} \end{aligned}$$

дает результат, аналогичный уравнению (24).

Толщина потери импульса поперечного потока для закона профиля (4):

$$\begin{aligned} \delta_{\psi}^{**} &= \int_0^{\delta} \frac{w^2}{U^2} dy = \varepsilon^2 \int_0^{\delta} \left(\frac{u}{U} - \left(\frac{u}{U} \right)^4 \right)^2 dy = \\ &= \varepsilon^2 \int_0^{\delta} \left[\left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^2 - 2 \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^5 + \right. \\ &\quad \left. + \left(1 - \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^m \right)^8 \right] dy. \end{aligned}$$

После замены переменных (19), интегрирования и достаточно громоздких преобразований получим выражение

$$\delta_{\psi}^{**} = \varepsilon^2 \delta \left(\frac{9}{2m+1} - \frac{36}{3m+1} + \frac{60}{4m+1} - \frac{54}{5m+1} + \frac{28}{6m+1} - \frac{8}{7m+1} + \frac{1}{8m+1} \right),$$

или

$$\delta_{\psi}^{**} = \frac{2\varepsilon^2 \delta m^2 (7032m^4 + 2602m^3 + 413m^2 + 32m + 1)}{(2m+1)(3m+1)(4m+1) \times (5m+1)(6m+1)(7m+1)(8m+1)}. \quad (27)$$

Относительная характерная толщина (L) для градиентного закона распределения профиля скорости с учетом (27) и (20):

$$L = \frac{1}{\varepsilon^2} \frac{\delta_{\psi}^{**}}{\delta_{\varphi}^{**}} =$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2m(m+1)(7032m^4 + 2602m^3 + 413m^2 + 32m + 1)}{(3m+1)(4m+1)(5m+1) \times (6m+1)(7m+1)(8m+1)}. \end{aligned} \quad (28)$$

Относительная (существенно положительная) характерная величина (K) для степенного закона распределения профиля скорости:

$$\begin{aligned} K &= M + J = \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\psi\varphi}^{**}}{\delta_{\varphi}^{**}} + \frac{1}{\varepsilon} \frac{\delta_{\varphi\psi}^{**}}{\delta_{\varphi}^{**}} = \\ &= \frac{m(3m+19) + 22}{(m+4)(m+5)}. \end{aligned}$$

Очевидно, что использование градиентного закона распределения профиля скорости требует изменения всех относительных характерных толщин в уравнениях импульсов ППС и изменения закона трения, поскольку отношение толщин потери импульса степенного (5) и градиентного (4) закона распределения профиля скорости отличается от единицы:

$$\frac{2m+1}{m+2} \neq 1. \quad (29)$$

Для степенного закона распределения профиля скорости $m = 7$ имеем согласно [3]:

$$\frac{\tau_{0\alpha}}{\rho U^2} = 0,01256 \left(\frac{U \delta_{\varphi}^{**}}{\nu} \right)^{-0,25}. \quad (30)$$

Для градиентного закона распределения профиля скорости $m = 7$ получаем с учетом (29):

$$\frac{\tau_{0\alpha}}{\rho U^2} = 0,0111 \left(\frac{U \delta_{\varphi}^{**}}{\nu} \right)^{-0,25}, \quad (31)$$

где δ_{φ}^{**} для уравнения (30) вычисляется по (8); δ_{φ}^{**} для выражения (31) вычисляется по (20).

Для удобства относительные характерные толщины для законов (5) и (4) при различных значениях m сведены в таблицу.

Библиографический список

1. Емцов, Б. Т. Техническая гидродинамика : учеб. для вузов по спец. «Гидравлические машины и средства ав-

Значения характерных относительных толщин для различных законов распределения скорости по толщине ППС

m	H	J	M	L	F	K	
1	3	0,8	1	0,66(6)	0,8334	1,4667	Для закона $\bar{u} = \bar{y}^{\frac{1}{m}}$
2	2	0,7143	1,2857	0,7714	0,8399	1,7143	
7	1,2857	0,45(45)	2	0,8	0,8801	2,2879	
9	1,2(2)	0,3956	2,1429	0,7563	0,8921	2,3956	
11	1,(18)	0,35	2,25	0,7105	0,9022	2,475	
1	3	0,8	1,25	0,66(6)	0,66(6)	2,05	для закона $\bar{u} = 1 - (1 - \bar{y})^m$
2	2,5	0,7229	1,5807	0,7054	0,6173	2,3036	
7	2,1429	0,6416	1,9187	0,7081	0,5752	2,5603	
9	2,11(1)	0,6329	1,9545	0,7065	0,5711	2,5874	
11	2,09(09)	0,6272	1,9779	0,7053	0,5685	2,6051	

томатики» / Б. Т. Емцов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1987.

2. Осипова, В. А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учеб. пособие для вузов / В. А. Осипова. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергия, 1979.

3. Степанов, Г. Ю. Гидродинамика решеток турбомашин / Г. Ю. Степанов. М. : Физматгиз, 1962.

4. Сперроу, Е. М. Влияние предшествующих процессов на гидродинамическое развитие течения в канале / Е. М. Сперроу, С. Е. Андерсон // Тр. Американского общества инженеров-механиков. 1977. № 3. С. 222–228.

A. A. Kishkin, A. A. Zuev, M. G. Melkozerov, E. V. Chernenko, A. S. Konstantinov

RELATIVE CHARACTERISTIC THICKNESSES OF THE DYNAMIC THREE-DIMENSIONAL BOUNDARY LAYER AT VARIOUS LAWS OF VELOCITY DISTRIBUTION

The degree and gradient profile of distribution of velocity investigation is conducted. The expressions for relative characteristics of the dynamic three-dimensional boundary layer thickness are received. Taking into account the relation of loss of an impulse expression thickness for the friction law gradient profile of speed distribution is received.

Keywords: three-dimensional boundary layer, thickness of impulse loss, thickness of replacement, law of distribution of velocity profile, friction law.

© Кишкин А. А., Зуев А. А., Мелкозеров М. Г., Черненко Е. В., Константинов А. С., 2009

Г. И. Латышенко

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

Рассматриваются особенности наукоемких отраслей и их роль в экономике России. Анализируются проблемы развития наукоемких технологий и приводятся возможные пути разрешения данных проблем.

Ключевые слова: наукоемкие технологии, наукоемкие отрасли, наукоемкие производства, высокотехнологичные отрасли.

Актуальность темы исследования определяется многообразием задач, с которыми столкнулись российские экономисты на современном этапе экономического развития страны. Среди этих задач прежде всего следует назвать разработку эффективного механизма включения России в систему мирового хозяйства.

Общемировой тенденцией экономического развития является возрастание роли наукоемких, конкурентоспособных на мировом рынке производств и их опережающий рост в структуре обрабатывающей промышленности, что проявляется в развитии экономики ведущих зарубежных стран.

Исследование наукоемких, высокотехнологичных производств, динамики внешней торговли товарами высокой степени обработки является одной из задач комплексного экономического анализа состояния и перспектив развития экономики России.

Сложившаяся сегодня экономическая ситуация в Российской Федерации отражает формирующуюся экономику ресурсно-сырьевой ориентации. Приоритетное развитие отечественных сырьевых отраслей, ставших базовыми в настоящее время для российской экономики, не способно кардинально улучшить положение страны на мировых рынках из-за высокой конкуренции и насыщенности этих рынков, а также в связи с высокой капиталоемкостью этих отраслей.

Под технологией в данном исследовании понимается совокупность методов и приемов, применяемых на всех стадиях разработки и изготовления определенного вида изделий. Наукоемкость – это один из показателей, характеризующих технологию, отражающий степень ее связи с научными исследованиями и разработками (ИР). Наукоемкой является технология, которая включает в себя объемы ИР, превышающие среднее значение этого показателя в определенной области экономики, например, в обрабатывающей промышленности, в добывающей промышленности, в сельском хозяйстве или в сфере услуг.

Отрасль хозяйства, в которой преобладающее, ключевое значение играют наукоемкие технологии, относится к числу наукоемких отраслей. Наукоемкость отрасли обычно измеряется как отношение затрат на ИР к объему сбыта. Нередко используется и другой показатель – отношение к объему сбыта численности ученых, инженеров и техников, занятых в отрасли. Наукоемкой продукцией являются изделия, в себестоимости или в добавленной стоимости которых затраты на ИР выше, чем в среднем по изделиям отраслей данной сферы хозяйства [1].

Какие конкретно отрасли промышленности можно отнести сегодня к наукоемким? Стандартизированной классификации промышленных производств по данному признаку не существует, и у разных авторов можно встретить несколько различающиеся перечни. Наиболее авторитетным в этом вопросе источником является Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), куда входят все передовые промышленно развитые страны. В начале 90-х гг. эта организация выполнила подробный анализ прямых и косвенных расходов на ИР в 22 отраслях промышленности десяти стран – США, Японии, Германии, Франции, Великобритании, Канады, Италии, Нидерландов, Дании и Австралии. В расчетах учитывали затраты на науку, численность ученых, инженеров и техников, объем добавленной стоимости, объемы сбыта продукции, долю каждого сектора в общем объеме производства каждой из этих стран. При определении косвенных затрат использовался аппарат так называемой производственной функции. В конечном счете, к числу наукоемких были отнесены 4 отрасли: аэрокосмическая, производство компьютеров и контрольного оборудования, производство электронных средств коммуникаций и фармацевтическая промышленность [2].

Анализ, выполненный ОЭСР, вполне убедителен, и высокая наукоемкость перечисленных отраслей сомнений не вызывает. Думается, однако, что перечень можно было бы значительно расширить. Целый ряд новых наукоемких отраслей, таких как производство новых материалов, высокоточного оружия, биопродукции и другие, не попали в перечень.

Существует и иной метод, согласно которому отнесение отраслей экономики к разряду наукоемких характеризуется показателем наукоемкости производства. Данный коэффициент определяется отношением объема расходов на НИОКР ($V_{\text{НИОКР}}$) к объему валовой продукции этой отрасли ($V_{\text{вп}}$): $V_{\text{НИОКР}} / V_{\text{вп}} \cdot 100$.

Считается, что для наукоемких отраслей этот показатель должен в 1,2...1,5 и более раз превышать средний по обрабатывающей промышленности.

Главными специфическими особенностями организации, управления, условий хозяйствования наукоемких производств являются следующие:

- их комплексный характер, позволяющий разрешать все проблемы создания техники – от проблем научных исследований и опытно-конструкторских работ до проблем, возникающих в серийном производстве и при эксплуатации;

- сочетание целевой направленности исследований, разработок и производства на конкретный результат с

перспективными направлениями работ общесистемного, фундаментального назначения;

- большой объем НИОКР, выполняемых НИИ, КБ и заводами, в результате чего у последних значительные производственные мощности загружаются изготовлением экспериментальных образцов продукции, их доводкой в течение всего времени производства из-за конструктивных изменений и модификаций. Такой характер производства требует установления прочных связей между участниками создания техники, органического соединения их в единый научно-производственный комплекс;

- доминирование процесса изменения технологии над стационарным производством и связанная с этим необходимость регулярного обновления основных производственных фондов, развития опытно-экспериментальной базы;

- значительная продолжительность полного жизненного цикла техники, достигающая для некоторых ее видов двадцати и более лет, что усложняет управление производством из-за запаздывания во времени эффекта управляющих воздействий и повышает ответственность за выбор стратегии развития;

- высокая динамичность развития производства, проявляющаяся в постоянном обновлении ее элементов (объектов исследований, разработок и производства, технологий, схемных и конструктивных решений, информационных потоков и т. д.), изменении количественных и качественных показателей, совершенствовании научно-производственной структуры и управления. Динамичность выпуска продукции во времени усложняет задачу равномерной загрузки и использования потенциала производства;

- разветвленная внутри- и межотраслевая кооперация, вызванная сложностью наукоемкой продукции и специализацией предприятий и организаций;

- высокая степень неопределенности (энтропии) в управлении самыми современными разработками, по которым при принятии решений используются прогнозные оценки технологий будущего. Создание качественно новой продукции, как правило, осуществляется параллельно с разработкой основных компонентов (схемных и конструкторских решений, физических принципов, технологий и т. п.). Достижение заданных технических и экономических параметров этой продукции характеризуется в общем случае высокой степенью научно-технического риска. Риск в создании новых компонентов системы диктует стратегию, основанную на поисковых исследованиях в фундаментальных и прикладных областях науки и техники, на разработках альтернативных вариантов компонентов. Однако эта стратегия может привести к значительному и не всегда оправданному увеличению затрат ресурсов;

- интенсивный инвестиционный процесс – важнейший фактор достижения целей исследований и разработок высокого научно-технического уровня, сопровождающий реализацию крупных проектов;

- наличие уникальных коллективов с большой долей ученых, высококвалифицированных инженерно-технических работников и производственно-промышленного персонала в общей численности занятых в разработках и производстве;

- большая доля добавленной стоимости в продукции этих отраслей, высокий уровень заработной платы работников, крупные объемы экспорта;

- инновационный потенциал, которым наукоемкие отрасли обладают в большей степени, чем остальные отрасли хозяйства. ИР и инновации органически связаны. Именно инновации являются целью исследовательской деятельности наукоемких предприятий и организаций, работающих в остроконкурентной среде как на внутреннем, так и на международных рынках. Высокий уровень расходов на ИР, главный внешний признак наукоемкости отрасли или отдельного предприятия – это залог постоянной и интенсивной инновационной активности;

- наукоемкие технологии являются благодатной почвой для возникновения и успешной деятельности малых и средних компаний [3].

Следует отметить, что возрастание результата воздействия научно-технических и инновационных факторов на экономическую динамику достигается не просто использованием всеми субъектами хозяйствования, включая государство, преобразующих возможностей современной науки в обеспечении высокой конкурентоспособности, экономической устойчивости, национальной безопасности, достойного места страны в мировом сообществе, а целенаправленным стратегическим переводом национальных экономик на инновационный тип развития, путем особого внимания к формированию в них и эффективному использованию высокотехнологичного комплекса (ВТК).

При этом требуется учитывать ряд закономерных длительных тенденций, проявившихся в мировом хозяйстве за последние десятилетия. Основными среди них можно считать следующие.

1. Возрастание значимости на мировых товарных рынках сложных системных производственных продуктов высокой наукоемкости, создание которых требует формирования не менее сложных межотраслевых технологических комплексов, что неизбежно ведет к росту значения межрегионального и межнационального научно-технического и инновационного сотрудничества.

2. Перемещение фокуса внимания в управлении нововведениями с отдельных инноваций на процессы создания их систем и системного использования, что требует соответствующей корректировки методов государственного регулирования инновационного вектора развития, менеджмента, содержания государственной научно-технической, инновационной, промышленной, структурной, инвестиционной, социальной политик и их взаимодействия, четкой согласованности.

3. Усиление интеграции науки, образования, производства и рынка, что проявляется во взаимопроникновении процессов образования, фундаментальных исследований и НИОКР и ведет к растущей значимости в экономике национальных инновационных систем, высокотехнологичных комплексов и управления ими, развитию малого и среднего инновационного предпринимательства и инновационной инфраструктуры.

4. Усложнение и повышение значимости комплексного ресурсного обеспечения при продвижении к инновационному типу развития национальной экономики. Эта

тенденция объективно понуждает властные органы усиливать внимание к концентрации инвестиционных ресурсов и их эффективному использованию на приоритетных направлениях научно-технологического и инновационного развития экономики. Для успешного решения этих задач необходимо усовершенствовать систему финансирования научно-технической и инновационной деятельности во всех структурах экономики, организовать полноценное обеспечение всех составляющих национальной экономики информацией о новых технологиях, конъюнктуре рынка, наукоемкой продукции, новых потребностях и профессиях, создать благоприятный инвестиционный климат в стране, ее регионах и отраслях для привлечения в наукоемкие отрасли отечественных и зарубежных капиталов. Немаловажную роль в современных условиях российской экономики играет и развитие венчурного инвестирования, усиление его инновационной направленности [4].

Учитывая особенности структуры российской экономики, сложившейся к настоящему времени в ходе экономических реформ последнего десятилетия, формирование высокотехнологического комплекса на инновационной основе требует особого внимания научных учреждений и государства. В этой связи необходимо рассмотреть важнейшие составные части (блоки) этого комплекса, представленные на рисунке.

Научно-производственный блок. В научно-производственный блок высокотехнологического комплекса включены научно-исследовательские институты, а также малые инновационные предприятия, в том числе малые предприятия и предприятия с участием иностранного капитала отрасли «Наука и научное обслуживание».

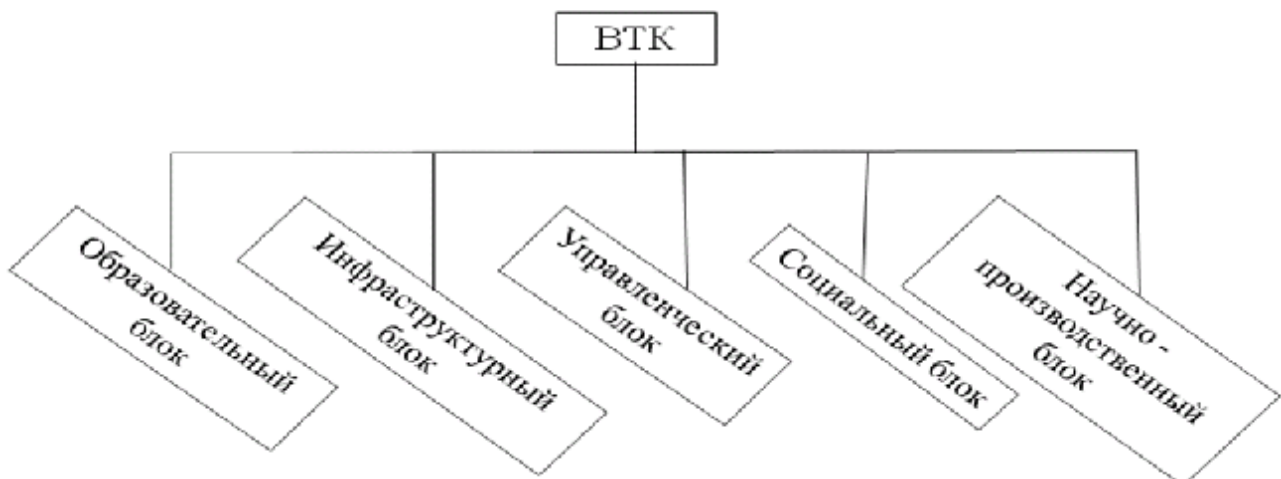
Образовательный блок. В его составе высшие, средние и специальные учебные заведения, осуществляющие подготовку кадров преимущественно для высокотехнологического комплекса с учетом его специфики. В данный блок следует включить также около 160 научно-образовательных центров, действующих в 39 субъектах Российской Федерации, международные и инновационные центры. Сюда же входят различные центры по подготовке менеджеров для управления нововведениями и инновационными предприятиями.

Инфраструктурный блок. В настоящее время в данный блок можно включить 38 инновационно-технологических центров, более 79 технологических парков, 90 отраслевых и межотраслевых внебюджетных фондов НИОКР, венчурные инновационные фонды, лизинговые фирмы, национальную сеть компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы, компьютерные центры коллективного пользования, фонды содействия развитию малых форм предпринимательства в высокотехнологическом комплексе. Отдельной частью данного блока должны стать российские наукограды, в состав которых входят организации, осуществляющие научную, научно-техническую, инновационную деятельность, экспериментальные разработки, испытания, подготовку кадров в соответствии с государственными приоритетами развития науки и техники.

Управленческий блок. В управленческий блок входят министерства и ведомства на федеральном и региональном уровнях, курирующие отрасли, которые производят или призваны производить свыше 50 % наукоемкой продукции от общего объема производства. Кроме того, в составе управленческого блока ВТК находятся управленческие структуры на федеральном и региональном уровнях, основное содержание работы которых напрямую связано с функционированием и развитием данного блока.

Социальный блок. Основной его состав – школы и другие учебные заведения общего и специального образования, больницы, санаторно-курортные учреждения, организации культуры, спорта и другие, находящиеся на балансе научных и производственных подразделений ВТК. Это те структуры, которые призваны обеспечивать сохранение и пополнение кадрового потенциала ВТК [3].

Единый технологический комплекс в нашей стране в целом успешно функционировал в годы послевоенных советских пятилеток, особенно в связи с проведением «косыгинских» хозяйственных реформ. В тот период сложилась прочная система кооперирования тысяч предприятий и научных учреждений в создании новейших наукоемких производств. Особое внимание уделялось, конечно, развитию военно-промышленного комплекса, в который направлялась основная масса финансовых, материальных и научных ресурсов, что позволило достигнуть



Структура высокотехнологического комплекса

военного паритета с США (в определенной мере за счет «урезания» вложений в потребительский сектор экономики). Функционировали и мощные органы жестко централизованного управления этим комплексом (Госплан, Госнаб, ГКНТ, специальная комиссия при правительстве).

Произошедший с разрушением единого народнохозяйственного комплекса страны разрыв большей части сложившихся кооперационных взаимосвязей с предприятиями бывших союзных республик, обвальная приватизация государственных предприятий, в том числе и научно-технического оборонного комплекса – все это привело практически к потере управляемости инновационно-техническим комплексом как единым целым.

Так уж сложилось, что на протяжении долгих лет самые передовые технологии в нашей стране сосредоточивались именно на предприятиях, выпускающих вооружение и военную технику. Например, в наши дни на долю ОПК приходится более 70 % всей производимой в России научной продукции и более 50 % численности всех научных сотрудников. Это во многом обусловлено тем, что новые оборонные технологии и разработки всегда наиболее востребованы и довольно быстро окупаются.

Наряду с этим нельзя не отметить и того, что предприятия ОПК играют весомую роль в техническом перевооружении многих важнейших сфер российской экономики. А такие отрасли промышленности, как авиационное машиностроение, гражданский космос и судостроение, оптическое приборостроение, производство изделий электронной техники и промышленных взрывчатых веществ, практически полностью представлены предприятиями ОПК.

Показательным является и использование в интересах гражданских потребителей возможностей Глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС). Несмотря на то, что она первоначально создавалась для обеспечения обороноспособности страны, главой государства было принято соответствующее решение, и сейчас эта система активно внедряется в различные отрасли национальной экономики. Ожидается, что использование спутниковых навигационных технологий позволит существенно повысить эффективность функционирования средств и объектов инфраструктуры всех видов транспорта [5].

Наряду с оборонной промышленностью, большую роль в экономике России играет машиностроительная отрасль. Современное машиностроение базируется на наукоемких технологиях. В конце XX столетия была продемонстрирована зависимость машиностроительных производств не только от развития энергетики, но в значительной мере и от развития наукоемких технологий. Появление таких продуктов электронного машиностроения, как современные электронные компьютерные компоненты, привело к широкому их внедрению в производство технических систем нового поколения, высокоэффективных, гибко перестраиваемых, многокоординатных машин и роботов. Ключевой тенденцией при создании современных машин стал перенос функциональной нагрузки с механических узлов на интеллектуальные (электронные, компьютерные) компоненты. Доля механической части в современном машиностроении сократилась с 70 % в начале 90-х гг. до 25...30 % в настоящее время. Одновременно происходит компьютерное сопровожде-

ние всего жизненного цикла создания и эксплуатации технической системы.

Сложность современных технологий и создание на их базе современного наукоемкого продукта потребовали беспрецедентной концентрации финансового и интеллектуального капитала, которой не могут обеспечить ресурсы национальной экономики. В рамках одной страны невозможно создать всю воспроизводящую технологическую цепочку. Поэтому разработка и производство современного наукоемкого продукта перешли национальные границы и привели к созданию гигантских транснациональных корпораций.

Являясь составной частью индустриального комплекса России, наукоемкие производства переживают общие трудности в силу того, что резко сократившиеся государственные инвестиции перестали быть определяющим фактором их развития, а отечественный финансовый капитал пока проявляет слабую заинтересованность в реализации долгосрочных инвестиционных проектов, направленных на выпуск сложной продукции с длительным полным жизненным циклом.

Так, например, значительная доля ВВП в экономически развитых странах в современных условиях создается в сфере информационного обслуживания общества. По мнению специалистов, пропуск одной только информационной революции в любой стране в состоянии обеспечить многократное отставание по уровню жизни от развитых стран. За последние пять лет информационные технологии (ИТ) в США обеспечили 8 % ВВП и четверть показателя реального экономического роста страны [1].

Россия имеет в этой сфере серьезный потенциал: 12 % ученых мира и накопленную интеллектуальную собственность, которую оценивают примерно в 400 млрд долларов. Однако научно-технологический менеджмент является нашим слабым звеном. Инвестиционная (и инновационная) активность в реальном секторе не может быть реализована в должной мере по причине слишком малого количества специалистов, способных оценить коммерческий потенциал производственно-технологических проектов, грамотно управлять ими.

Затраты на информационные технологии на душу населения в России в 70 раз меньше, чем в США, и почти в 35 раз меньше, чем в странах Западной Европы. Если же взять за показатель долю аналогичных расходов от общего ВВП, то в России она составляет 0,5 %, в то время как в Западной Европе – 2 % (данные вице-президента компании «Интел» Х. Гайера).

В целом, обеспеченность российской экономики отечественной высокотехнологичной системной продукцией остается чрезвычайно низкой, о чем говорят сопоставление объемов ее импорта, производства, экспорта и потребления. Наиболее развитые страны с системной экономикой стремятся, несмотря на значительные объемы внешней торговли, удовлетворить внутренние потребности в высокотехнологичной продукции прежде всего за счет собственного производства.

Наряду с негативными тенденциями в современной экономике России есть и положительные черты, связанные с сохраняющимся высоким научно-технологическим

потенциалом в некоторых областях деятельности (авиации, вооружении, космических технологиях, некоторых химических и биохимических технологиях, мощной плазменной электронике, системе защиты опасных химических производств), что является важным стратегическим резервом.

В ходе многолетней практики в России выделяется следующая совокупность приоритетных направлений перспективного развития науки и техники, которая условно может быть разделена на 3 группы [4].

Первая группа приоритетов увязывается, прежде всего, с национальной безопасностью России, ее позициями в мировой науке. Сюда относятся фундаментальные и прикладные исследования, ориентированные на использование потенциала отраслей оборонного комплекса для разработки конкурентоспособных системных технологий и гражданской продукции.

Вторая группа приоритетов включает направления, призванные обеспечить развитие высокотехнологичных производственных отраслей, обеспечивающих технологическую базу перевооружения промышленности, в том числе добычу и переработку сырья, на основе новейших технологий. Эта группа приоритетов ориентирована на импортозамещение.

Третья группа приоритетов включает технологии, в наибольшей степени ориентированные на решение социальных задач, на поддержку отечественных производителей, которые в состоянии обеспечить внутренние потребности в товарах массового спроса по многим направлениям, но не обладают необходимой конкурентоспособностью на внешних рынках.

Чтобы успешно решать проблему повышения инвестиционной активности в высокотехнологичном комплексе России, его основных составных частях (науке и высокотехнологичном производстве), необходимо выработать и реализовать ряд взаимоувязанных мер.

Прежде всего, следует определить расчетную потребность в комплексных инвестиционных ресурсах ВТК России по каждому его блоку, элементу, учитывая прогрессирующее старение материально-технической базы, объективную необходимость перехода на инновационный тип развития практически всех производств ВТК, обеспечение экономической, особенно технологической безопасности, повышение конкурентоспособности российской наукоемкой продукции, особенно высокотехнологичной.

Далее необходимо глубоко проанализировать возможности для развития ВТК, имеющиеся у всех источников инвестиционных ресурсов, в том числе инновационных. Для каждого приоритетного направления развития ВТК, каждой программы создания приоритетных технологий или системной наукоемкой продукции следует четко определить конкретные источники инвестиций по объемам, видам, срокам и условиям привлечения. При этом важно выработать действенный механизм полноценного и своевременного вовлечения инвестиционных ресурсов в научно-техническую и инновационную деятельность ВТК с учетом возможностей современной рыночной си-

туации в стране при активной роли государственных органов всех уровней.

Важное значение для полноценного комплексного ресурсного обеспечения развития ВТК России имеет информация и квалифицированные кадры. Создание эффективной системы доступа всех структур ВТК, особенно научных организаций, к распределительным информационным и вычислительным ресурсам, является важнейшей составной частью задачи по эффективному развитию комплекса [2].

В заключение следует отметить, что формирование и выполнение научно-технической программы, отвечающей условиям реализуемости, является многокритериальной задачей управления, для которой область допустимых решений определяется рядом традиционно используемых критериев реализуемости, ранжированных в соответствии с принципом их приоритетности. Критерии оценки реализуемости программы являются взаимозависимыми, поэтому на практике решение многофакторной задачи оценки реализуемости путем композиции критериев затруднительно. Необходимо поэтапное решение задачи путем последовательной оптимизации по указанной иерархической системе критериев.

Расширенное воспроизводство наукоемких технологий нуждается в создании такой экономической среды, в которой синергетический эффект от их применения проявляется и оказывает стимулирующее воздействие на всех технологических переделах производства конечной продукции. В России можно добиться такого эффекта, уже разработаны программы по развитию ВТК. К ним можно отнести научно-технические программы, концепцию развития ВТК до 2020 г. по России, программы развития научно-технического потенциала регионов, в частности Красноярского края до 2017 г. Но для того чтобы все эти программы заработали, необходимо консолидировать ряд мер – финансовую поддержку, подготовку и стимулирование кадров, а прежде всего – мотивацию личности. Только в этом случае Россия сможет выйти на мировой рынок ВТК и занять там лидирующее место.

Библиографический список

1. Макарова, П. А. Статистическая оценка инновационного развития / П. А. Макарова, Н. А. Флуд // Вопросы статистики. 2008. № 2.
2. Фоломьев, А. Высокотехнологичный комплекс в экономике России / А. Фоломьев // Экономист. 2004. № 5.
3. Иванов, С. Б. Роль высоких технологий на современном этапе экономического развития страны : выступление на XI Петерб. междунар. экон. форуме, 14.06.06 / С. Б. Иванов // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование. 2007. № 1–2 (30–31).
4. Хрусталева, Е. Ю. Проблемы организации и управления в наукоемких отраслях экономики России / Е. Ю. Хрусталева // Менеджмент в России и за рубежом. 2001. № 1.
5. Красников, Г. Путь возрождения экономики России – подъем наукоемких отраслей промышленности / Г. Красников // Электроника: наука, технология, бизнес. 2000. № 1.

G. I. Latyshenko

SCIENCE INTENSIVE TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN THE RUSSIAN MODERN ECONOMY

Particularities of science intensive technologies and their role in Russian economy are considered. The problems development of science intensive technologies and ways of their solutions are analyzed.

Keywords: science intensive technologies, science intensive branch, high technological complex, high technological branches.

© Латышенко Г. И., 2009

УДК 330.332.54

О. В. Гостева

ЭФФЕКТИВНАЯ РАБОТА КОМАНДЫ ПРОЕКТА КАК УСЛОВИЕ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрена роль команды проекта в достижении стратегических целей предприятия при использовании технологии управления проектами. Показано, что проектный подход необходимо внедрять на всех уровнях управления предприятием, и только при этом условии команда проекта сможет работать эффективно и достигать как целей проекта, так и стратегических целей.

Ключевые слова: команда проекта, цели проекта, стратегические цели предприятия, эффективность работы команды.

В современных динамичных рыночных условиях, оглощенных кризисом, главным условием выживания фирмы становится быстрое и качественное достижение стратегических целей. Чтобы выполнить это условие, предприятию необходимо вносить изменения не только в производство и корпоративную культуру, но и в технологии управления. Одним из вариантов таких изменений является реализация технологии управления проектами, которая подразумевает создание концепции и планов проекта, соответствующих стратегии предприятия, реализацию проекта в условиях жесткого ограничения по срокам, бюджету и качеству, авторский надзор за динамикой и конъюнктурой рынка для сохранения актуальности целей проекта, а следовательно, и его прибыльности, отслеживание удовлетворенности клиента и анализ достижения отсроченных эффектов. Основой получения столь сложных результатов может являться только кадровый потенциал предприятия.

Развитие предприятия может идти плавно через повышение квалификации персонала, что занимает много времени и не дает гарантированного результата, и скачкообразно через изменение процессов и технологий. Управление проектами является вариантом скачкообразного развития и подразумевает изменения не только на оперативном (операционном) уровне, но и на стратегическом уровне, когда формируются портфели и программы проекта, и на политическом уровне, при формировании миссии предприятия. Таким образом, на предприятии образуется два уровня управления: уровень управления портфелем проектов и уровень управ-

ления проектами. Для их эффективной работы должны осуществляться следующие условия. Во-первых, проекты в портфеле должны коррелировать со стратегическими целями; во-вторых, оценку проектов нужно проводить по целевой эффективности (соответствие целей проекта рыночной конъюнктуре); в-третьих, необходимо оценивать, насколько команда достигла поставленных целей.

Основной проблемой на российских предприятиях, реализующих технологию управления проектами, является то, что цели отдельных проектов, а следовательно, и программ и портфелей, не соответствуют стратегическим целям предприятия или соответствуют только частично. Особенно важно это на проектно-ориентированных предприятиях, вся деятельность которых осуществляется через проекты. На рисунке видно, что в рассматриваемом портфеле проектов проект 1 только частично соответствует заданной программе и стратегическим целям 1 и 2, а проект 3 не соответствует ни одной из стратегических целей. Таким образом, даже достигнув всех целей, поставленных в проекте, достигнув целей программы и даже портфеля проектов, предприятие не достигнет своих стратегических целей и снизит свою конкурентоспособность. Чтобы избежать подобных ситуаций, необходимо своевременно соотносить цели предприятия на всех уровнях и создавать условия для их своевременного и качественного достижения.

Основной организационной единицей проектно-ориентированного предприятия является команда проекта. Команда проекта – это особая структура, которая управ-

ляет получением ценности (результата проекта) от начала (разработки концепции проекта) и до получения результата и отвечает за результат. Команда проекта имеет принципиальные отличия от традиционных форм организации персонала (отдела, бригады), что выражается в следующих особенностях:

- временном характере существования;
- получении конечного результата (ценности);
- групповой ответственности за результат;
- автономности, способности и возможности самостоятельно принимать решения по проекту;
- неоднородности состава команды проекта по ЖЦП;
- неоднородности ролевых нагрузок по ЖЦП;
- единстве интересов у членов команды;
- потребности команды в саморазвитии;
- целостности команды на всем протяжении проекта.

К сожалению, в современной литературе, посвященной управлению проектами, существуют терминологические несоответствия в понятии «команда проекта» даже у ведущих авторов (табл. 1). Из-за того что авторы настолько по-разному понимают сущность команды проекта, возникают методологические несоответствия, касающиеся практически всех стадий существования команды проекта, начиная от формирования и управления командой и заканчивая оценкой работы команды и ее вклада в получение результатов проекта. По нашему мнению, работа команды проекта требует специального изучения и разработки принципиально иных подходов как в подготовке специалистов, так и в разработке методов управления и оценки деятельности команды.

В литературе нет единого мнения и в определении понятий «эффективность проекта» и «эффективность работы команды проекта». Большинство авторов исполь-

зуют эти термины как синонимы (табл. 2, 3), не выделяя особенностей команды как особой автономной организационной структуры. В практике возможны ситуации, в которых по не зависящим от команды причинам (кризис, дефолт, резкий скачек цен на мировом рынке и т. д.) проект становится неуспешным, и своевременное его закрытие позволит предприятию избежать значительных потерь. В таких ситуациях проект неэффективен, но работа команды проекта является профессиональной и эффективной. Для того чтобы иметь возможность анализировать подобные ситуации, необходимо разделить понятия «эффективность проекта» и «эффективность работы команды проекта» как в терминологическом, так и в методологическом отношении.

По нашему мнению, **эффективность проекта** – категория, отражающая соответствие проекта целям и интересам его участников с учетом ограничений: сроков, бюджета, качества; **эффективность работы команды проекта** – категория, отражающая соответствие уровня достижения целей (KPI) и уровня компетенций команды проекта на всех фазах ЖЦП контекстным ограничениям проекта: сложности проблемы, ценности результата и сопротивлению среды.

Исходя из приведенных определений, необходимо проводить измерения эффективности работы команды проекта как в процессе реализации проекта, так и по его завершению, а также при достижении отсроченных эффектов проекта. Чтобы получить такой результат, необходимо соблюдать следующие требования к методу оценки эффективности работы команды проекта:

- оценивать работу команды проекта как целого (командная ответственность за результат);
- оценивать особенности компетенций участников команды;

Портфель производственных проектов				
Стратегии развития	Проекты			
	Проект 1	Проект 2	Проект 3	Проект 4
1. Расширение объемов производства	*	**		* Программа
2. Повышение качества продукции	*			**
3. Снижение затрат		*		

Взаимосвязь между целями предприятия: стратегическими, целями портфеля проектов, программы и целями единичного проекта

- оценивать уровень достижения цели на каждой фазе проекта (в том числе сроки, бюджет, качество);
- оценивать целевую эффективность работы команды (качество постановки целей и качество управления процессами);
- оценивать отсроченные эффекты проекта (связь со стратегией) и контекстные ограничения (сложность и важность проблемы, сопротивление среды).

К сожалению, существующие методы оценки эффективности проекта не соответствуют приведенным требованиям: они не учитывают феномен команды, не рассчиты-

таны на оценку работы людей. Методы оценки персонала в основном рассчитаны на оценку одного работника в стабильном коллективе на стабильном предприятии. Само понятие проекта говорит об отсутствии стабильности, а команда проекта требует специфических оценок, во-первых, как единое целое, а во-вторых, работу команды нельзя оценивать вне контекста проекта и вне его результатов. Такие методы как KPI, MBO, BSC применяются для анализа достижения поставленных целей. В принципе, они могут быть использованы для оценки персонала, хотя не учитывают и не выявляют причин, влияющих на дости-

Таблица 1

Определение понятия «команда проекта» различными авторами

Определение	Автор
Команда проекта (Project Team) – все члены команды проекта, включая команду управления проектом, менеджера проекта и, в некоторых случаях, спонсора проекта. Команда управления проектом (Project Management Team) – члены команды проекта, непосредственно занятые в управлении его операциями. В небольших проектах команда управления проектом может включать практически всех членов команды проекта	Международный стандарт PMBOOK
Проектная команда – сплоченная эффективная единица, способная творчески и динамично работать над достижением поставленных целей в быстроменяющихся внешних условиях	Г. Уэбстер
Команда проекта – группа сотрудников, непосредственно работающих над осуществлением проекта и подчиненных руководителю последнего; основной элемент его структуры, так как именно команда обеспечивает реализацию его замысла. Эта группа создается на период реализации проекта и после его завершения распускается	И. И. Мазур В. Д. Шапиро Н. Г. Ольдерогге
Команда проекта – феномен; самоуправляемый и саморазвивающийся субъект; сквозной развивающийся элемент технологии осуществления проекта. В рамках проектного менеджмента команда должна саморазвиваться, самоориентироваться и самомотивироваться	В. Михеев

Таблица 2

Определение понятия «эффективность, успех, неуспех проекта» различными авторами

Определение	Автор
Эффективность проекта – категория, отражающая соответствие проекта целям и интересам его участников	И. И. Мазур В. Д. Шапиро Н. Г. Ольдерогге
Успех и неудача проекта определяется в зависимости от стоящих перед ним целей. Успех осуществления проекта подразделяется на успех, достигнутый самим объектом (приемка объекта и его рентабельность) и успех менеджмента (достижение целей, форма выполнения намеченных работ, соответствие срокам и затратам)	Г. Дитхелм
Неудача проекта В 80-е гг. – количественная характеристика, обусловленная неэффективным планированием, неэффективным составлением расписания, оценивания и плавающими (изменяющиеся) целями проекта. В 90-е гг. – качественная характеристика, обусловленная недостатком боевого духа и слабой мотивацией, плохими взаимоотношениями, низкой производительностью труда, разногласиями и конфликтами. В 2000-е гг. – неудача планирования и плохое управление рисками	Г. Керцнер

Таблица 3

Определение понятия «эффективность команды проекта» различными авторами

Определение	Автор
Главным критерием эффективности команды проекта будет конечный результат реализованного проекта требуемого качества, полученный вовремя и в рамках ограничений на ресурсы	В. Михеев
Эффективность команды проекта характеризуется общепринятыми критериями эффективности любой организационной структуры. Различают эффективность с позиции профессиональной деятельности по проекту и организационно-психологического климата деятельности	И. И. Мазур В. Д. Шапиро Н. Г. Ольдерогге
Эффективность команды проекта – выполнение задач, поставленных организацией	А. Д. Опп
Высокая эффективность команды и ее работы в конечном счете проявляется в достижении желаемого результата и в соблюдении требований бюджета и план-графика, ее, тем не менее, определяют многие факторы: а) связанные с человеческим фактором; б) имеющие отношения к результату проекта	Э. Пинто

жение целей. Компетентностный подход позволяет обозначать и развивать умения и навыки, необходимые для эффективной работы, но не показывает уровень достижения цели.

Перед нами стоит задача не только оценить работу персонала, а соотнести эффективность достижения целей проекта, эффективность работы команды проекта и достижение стратегических целей проекта. Для выполнения столь сложной задачи необходимо разработать специальный метод, которому будут посвящены следующие публикации.

Проектно-ориентированные предприятия и высокоэффективные команды проекта могут быть созданы при соблюдении определенных условий: во-первых, это глубинное понимание технологии управления проектами, затрагивающее все уровни предприятия от высшего руководства до рядового работника, включая стратегии развития предприятия; во-вторых, это периодическая оценка уровня зрелости предприятия в отношении управления проектами; в-третьих, это выращивание специалистов и команд, способных эффективно выполнять проекты.

Для эффективной работы команды проекта необходимы следующие условия:

- постоянная концентрация (фокус) внимания руководства на формально зафиксированных целях проекта;
- обеспечение организационной обособленности команды проекта;
- автономность команды проекта (независимость от штатной структуры предприятия) в принятии оперативных управленческих решений;
- высокий уровень доверия к квалификации специалистов, работающих в команде;
- наличие и поддержание реальной мотивации команды к достижению целей; прямая зависимость размера стимулирующих выплат от полученных результатов проекта;
- приоритет командной (групповой) ответственности;
- наличие измеряемых и понятных показателей оценки работы команды как единой организационной структуры;
- обеспечение объективной оценки показателей целевой эффективности проекта.

Вышеперечисленные условия являются достаточно сложными для обычного предприятия, но если говорить

о долгосрочном выживании предприятия, о повышении его конкурентоспособности на длительный период, о выполнении стратегических задач и достижении стратегических целей предприятия, то усилия, затраченные на качественное внедрение технологии управления проектами, на созревание команды проекта, на повышение уровня зрелости высшего руководства окупятся многократно и в длительном периоде. В практике российских предприятий чаще всего именно недостаточно высокий уровень зрелости высшего руководства является основным препятствием для качественного внедрения и реализации технологии управления проектами; даже на предприятиях космической промышленности, где каждый заказ обозначается как проект, часто отсутствует именно управленческая и стратегическая составляющая технологии управления проектами. Управление проектами – это прежде всего иной, более мобильный и гибкий подход к управлению и планированию как на оперативном, так и на стратегическом уровне. Основой реализации технологии управления проектами и достижения целей, в том числе и стратегических, является команда проекта. Если признаем работу команды проекта условием успешной реализации стратегических целей проекта, то во-первых, необходимо создать обстановку, в которой работа команды была бы наиболее эффективной; во-вторых, руководители предприятия должны определиться с показателями эффективности работы команды проекта; в-третьих, руководители должны обеспечивать проведение анализа и мониторинга эффективности работы команды проекта; в-четвертых, необходимо соотносить цели проекта и стратегические цели предприятия.

Надеемся, что уточнение роли команды проекта в достижении стратегических целей предприятия и более детальное рассмотрение терминологических и методологических несоответствий, связанных с понятием команды проекта, поможет практикующим специалистам более точно определить как уровень зрелости управления проектами на своем предприятии, так и возможности методов оценки и анализа эффективности работы команды проекта, что позволит избежать многих заблуждений и разочарований в практике применения проектного подхода.

O. V. Gosteva

EFFECTIVE WORK OF THE PROJECT TEAM AS A CONDITION OF SUCCESSFUL STRATEGIC ENTERPRISES AIMS REALIZATION

The role of the project team in the achievement of strategic enterprises aims using project management technologies is shown. An attempt to describe the difference between the project teams of project-oriented and non-project-oriented enterprises have been made.

Keywords: project team, strategic firm's aims, project team effectiveness.

© Гостева О. В., 2009

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ АСПЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Экономическая перестройка в стране, проводившаяся в 90-е гг. прошлого века, привела к ослаблению вертикальных связей, которые сложились в условиях административной системы, в результате произошло перераспределение компетенций между различными уровнями управления и усиление экономического обособления предприятий из-за несогласования коммерческих интересов отдельных юридических лиц и территории в целом. Причины этих противоречий имеют объективный характер, потому что в настоящее время предприятия уже не могут эффективно работать в сложившейся системе взаимоотношений с территориальными властными структурами, так как они, в первую очередь, несут ответственность за обеспечение комплексного экономического и социального развития всей территории.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие территорий, региональная политика.

Осуществляемые в настоящее время в России экономические реформы акцентируют внимание на территориальном аспекте управления, что выявляет актуальность его модернизации, т. е. обновления. В связи с этим на региональный уровень переносится вся ответственность в разрешении проблем реформирования экономики, от успешности проведения которых будут зависеть и результаты социально-экономического роста страны в целом. В практике управления хозяйством стран с рыночной экономикой успешно используются достижения плановой науки, например, аспекты директивного планирования как одного из инструментов системы административного управления. В связи с этим необходимо проанализировать все стороны накопленного опыта и разработать новую систему управления территориальным социально-экономическим развитием с учетом требований реформирования.

Функционирование современного механизма территориального хозяйствования должно опираться на два взаимосвязанных принципа – ответственности и самофинансирования. Соблюдение первого принципа заключается в возможности принятия органами власти решений в пределах своей компетенции по всем вопросам разработки и проведения социально-экономической политики на подведомственной территории. Принцип самофинансирования предполагает формирование в регионе такой финансовой базы, которая смогла бы обеспечить возможность реализации принятых решений. Поэтому в настоящее время сущность управления социально-экономическим развитием регионов состоит в целенаправленном воздействии органов управления на все субъекты хозяйствования, при этом необходимо добиваться баланса имеющихся интересов сторон, обеспечивающих повышение качества жизни населения, при условии полной экономической ответственности партнеров.

По своей сути, именно из управления социально-экономическим развитием территорий вытекают задачи регионального управления. Причем главная из них заключается в разработке и реализации социально-экономической политики с учетом специфики существующего этапа экономического реформирования. В данном случае органы власти сохраняют за собой ответственность за решение задач комплексного социально-экономического развития подведомственной территории, в том чис-

ле задачи ослабления негативных последствий политического и экономического реформирования для всего населения.

Понятие «обновление» означает прогрессивную направленность изменений рассматриваемого объекта, а также их временную последовательность и преемственность. По своей сути оно включает в себя содержание таких категорий, как развитие, изменчивость, качество, количество, система, структура и ее элементы. С учетом этого термин «обновление управления» означает процесс модернизации и реконструкции отдельных звеньев, методов и инструментария системы управления с целью повышения ее эффективности. При этом существенно будут изменяться организационная и кадровая структуры управления. Следует отметить, что обновление может быть как частичным, так и комплексным, и должно осуществляться поэтапно.

В условиях реформирования экономики особое значение приобретает решение вопросов обновления регионального управления, организующего главную сферу жизнедеятельности человека, – материальное производство, где без коренных изменений в характере, содержании, условиях и уровне использования мотивов, без организационных мероприятий, затрагивающих интересы каждого члена, преобразования будут носить разрушительный характер. В связи с тем, что в настоящее время возрастает значение обновления форм территориального и государственного управления, применение региональных экономических рычагов, стимулирующих развитие экономики предприятий, будет способствовать кардинальному изменению системы управления регионов и страны в целом.

На региональное развитие влияет ряд внешних и внутренних факторов из-за сложной структуры экономики региона, социальной неоднородности, множества экономических и социальных связей. Большое влияние на структуру экономики и ее потенциал оказывают географические, территориальные, демографические, транспортные и другие особенности, определяющие специфику экономики и структуру управления каждого региона. Функционирование механизма обновления системы управления на региональном уровне должно быть связано с переходом социально-экономической сферы в режим сначала устойчивого, а затем и динамичного развития через раз-

работку и реализацию специальных программ стратегического регионального, муниципального и местного управления. При этом главной целью такого обновления управления является объединение инновационной деятельности, осуществляемой в отдельных «точках роста» на данной территории, в один организационно оформленный управляемый процесс.

Развитие любого объекта является особым видом изменений, отличающихся качественными преобразованиями, приводящими к возникновению чего-то нового. Поэтому развитие регионального управления – это комплексный процесс преобразований его экономической, социальной, пространственной, политической и духовной сфер, который, как следствие, приводит к изменениям условий жизни человека. Социально-экономическое развитие территории представляет собой процесс, происходящий как в самом регионе, так и в стране в целом под воздействием всевозможных внешних факторов – исторических, географических, ресурсных, демографических и других. В связи с тем, что это развитие является также и процессом субъективным, происходящие изменения вызываются действием управленческих мер со стороны регионального и федерального уровней руководства.

Для развития системы регионального управления и реализации условий постоянного обновления механизма управления необходимо использовать новые, нетрадиционные подходы. Поскольку в настоящее время происходит активная интернационализация экономических связей, развитие технологий, информатизация всех аспектов жизни людей, обострение конкуренции организаций и государств, происходящие перемены требуют адекватной и своевременной реакции на них. Указанные тенденции оказали влияние и на региональное развитие, где стали постепенно меняться факторы и принципы взаимодействия разных уровней власти, условия социально-экономического существования территорий и сама парадигма развития. Поэтому формирование нового направления в экономическом развитии регионального управления становится объективной необходимостью, в связи с чем возникает потребность в изменении базовой модели территориального взаимодействия, так как она уже не соответствует новым условиям развития общества.

Происходит постепенный переход от традиционной административной системы управления, в которой основным рычагом воздействия было инструктирование, к новой модели менеджмента, где центральным системообразующим элементом становится ориентация на достижение результата, т. е. коучинг. Так, в практику управления регионами проникают методы количественного анализа результатов, в частности, оценки эффективности (отношения результата к затратам), результативности (отношения фактического результата к планируемому) и экономии (отношения планируемых затрат к фактическим).

При формировании новой модели управления начинают изменяться процедуры контролирования. Так, вместо тотального бюрократического контроля должен осуществляться мониторинг со стороны населения, проводимый непосредственно или при помощи общественных организаций и средств массовой информации. В условиях децентрализации управления такому контролю необ-

ходимо быть более тщательным, приближаться к непосредственным исполнителям и в значительной степени осуществляться ими самими. Внимание должно уделяться постановке целей и задач, разработке инструментов их достижения, измерению результатов, а также оценке их эффективности. Концепция повышения эффективности деятельности находится в основе любого реформирования и реструктуризации, несмотря на то что она не всегда в полном объеме может быть применима к деятельности региона, в отличие от коммерческого предприятия, где она представляет собой стратегическую цель [1].

В настоящее время зарубежный опыт свидетельствует о необходимости применения подходов, которые повышают эффективность использования бюджетных средств [2]. В связи с этим интерес вызывает применяемая в деятельности организаций общественного сектора в Великобритании концепция Value for money (ценность за деньги), ставшая ключевым моментом в повышении продуктивности труда этих организаций. Смысл концепции заключается в том, что в каждом конкретном случае объем вложенных средств должен сравниваться с полученным полезным эффектом (результатом).

Примером успешного использования приемов менеджмента коммерческих организаций в государственной службе также является стратегическое управление, методы которого начинают применяться при осуществлении антикризисных мер в регионах, при управлении инвестиционной деятельностью или масштабными инфраструктурными проектами. В связи с тем, что стратегическое управление представляет собой управление развитием, в ходе которого объект может приобрести новые черты в уже имеющихся структурных связях либо при построении новых, структурная перестройка в данном случае становится основным критерием развития объекта управления. Необходимо также учитывать, что развитие как таковое всегда предполагает одну или несколько целей, которые и определяют его направленность. При этом говорят о прогрессе в том случае, если такая тенденция положительна, и о регрессе или деградации – если она отрицательна.

Специфика территорий должна учитываться при осуществлении общероссийской, инвестиционной, финансовой, социальной и внешнеэкономической политики, разработке специальных программ проведения реформ в регионах с особыми условиями. При этом комплекс форм и методов реализации региональной экономической политики необходимо дифференцировать применительно к различным типам регионов. В связи с этим важность региональной экономической политики для России определяется:

- ландшафтным и геологическим разнообразием страны, влияющим на особенности хозяйства в различных ее частях и дифференциацию издержек природопользования;
- масштабностью пространства России, для контролирования и обустройства которого требуются большие дополнительные затраты, увеличивающиеся по мере освоения северных территорий;
- замедленным прохождением экономических реформ, особенно в периферийных и отсталых регионах;

– неравномерным освоением и экономическим развитием регионов, нуждающихся в особом экономическом подходе со стороны государства;

– демографическими диспропорциями, сложившимися в результате депопуляции населения в некоторых регионах (на Дальнем Востоке, в Нечерноземье и др.), а также миграционными процессами, вызванными распадом СССР и кризисными ситуациями внутри самой России (на Северном Кавказе, Крайнем Севере и т. д.);

– сложностью этнического и конфессионального состава населения страны, обернувшейся в отдельных регионах разделением по национальному и религиозному признакам;

– экономической напряженностью в отдельных регионах, доходящей до объявления отдельных территорий зонами экологического бедствия;

– формированием региональных рынков в условиях экономической самостоятельности районов, включая внешнеэкономические отношения и их объединение в ассоциации экономического взаимодействия.

Распад СССР и становление России вызвали существенные изменения в геополитическом положении страны. За новыми границами государства остались важные источники минерального сырья – титановых, марганцевых, урановых руд и других полезных ископаемых. Страна лишилась предприятий, обеспечивающих экономику прокатом черных и цветных металлов, многими видами машиностроительной, химической и иной продукции, а также важных транспортных выходов на мировые рынки, включая большинство крупных портов на Черном и Балтийском морях. Четверть всех регионов России приобрела приграничный статус, в связи с чем для них стали актуальными проблемы изменения специализации и структуры производства, товарообмена с сопредельными государствами, а также проблемы миграции населения и трудоустройства беженцев.

Существуют объективные сложности при разработке типологии регионов России. Прежде всего – это трудность выделения благополучных и неблагополучных (депрессивных и отсталых) регионов, и их места в региональной политике государства. В настоящее время практически каждый субъект Федерации может быть отнесен по тем или иным характеристикам к нуждающимся территориям. В связи с этим депрессивность и отсталость региона должны оцениваться сравнительной характеристикой по отношению к состоянию других регионов, социально-экономическая ситуация в которых неблагополучна и может изменяться во времени. Изначально при проведении региональной политики в западных странах не обращали внимания на типы регионов, что на первых этапах стало одной из причин неэффективности государственного регулирования экономического развития территорий. Осознание необходимости различных подходов к отсталым и депрессивным регионам появилось лишь к 1966–1968 гг. [3].

К депрессивным относятся регионы, переживающие глубокий экономический кризис, проявляющийся в спаде производства, длительное время находящиеся в фазе застоя, сохраняющие низкие темпы производства. Ранее такие территории входили в число лидирующих по уров-

ню своего развития. Они характеризуются высоким уровнем накопленного производственно-технического потенциала, который в силу определенных причин (большой изношенности основных производственных фондов, отработанности месторождений и др.) не может быть использован без коренной реконструкции. Депрессивные регионы отстают по главным социально-экономическим параметрам развития от средних по стране, характеризуются высоким уровнем безработицы, наличием свободных производственных мощностей, отсутствием или слабым развитием новых видов деятельности. Не получая финансовой и экономической поддержки, исчерпав внутренние источники экономического развития, они со временем утрачивают производственный потенциал и квалифицированную рабочую силу. В результате снижаются доходы и уровень жизни населения, сокращается налогооблагаемая база и поступления в бюджет, что влечет за собой падение уровня социального обслуживания. Регион утрачивает свои позиции среди других регионов страны по параметрам социально-экономического развития и может перейти в разряд отсталых.

Отсталый (слаборазвитый) регион отличается низким уровнем развития социальной и экономической сфер, сырьевой специализацией, слабым развитием инфраструктуры, низким образовательным и профессиональным уровнем рабочей силы, недостаточной диверсификацией хозяйства и уровнем занятости населения, социально-экономической, политической и культурной отсталостью. Такой регион не обладает инвестиционной привлекательностью, так как существует высокая степень риска для предпринимательской деятельности. Критерием отнесения региона к категории отсталого является низкий уровень производства на душу населения, низкие реальные душевые доходы, неразвитость социальной и производственной инфраструктур. Такие регионы никогда не влияли на экономику страны, часто расположены на периферии [4].

Границы депрессивных и отсталых регионов могут не совпадать с границами республик, краев и областей Российской Федерации. Как правило, территории традиционно отсталых регионов охватывают один или несколько субъектов Федерации. При разработке и реализации мер государственной поддержки для упрощения процедуры целесообразно выделять контур депрессивных и отсталых регионов, который будет совпадать с границами субъектов Федерации, административных районов и городов. При этом экономическая политика по отношению к отсталым регионам должна быть как краткосрочной (социальная поддержка населения, поощрение малого предпринимательства), так и долгосрочной (создание условий для роста экономики и развития предпринимательства), что должно проявляться в строительстве объектов инфраструктуры и проведении активной инвестиционной политики. Среднесрочная экономическая политика в депрессивных и относительно благополучных регионах должна быть направлена на обеспечение хозяйственной стабилизации и экономического роста, связанных с конверсией оборонных и гражданских видов деятельности, с внедрением передовых технологий, модернизацией обрабатывающих производств и инфраструктурных сис-

тем. Особую категорию регионов – объектов региональной политики – составляют приграничные регионы, причем они могут быть как проблемными, так и перспективными с точки зрения экономического роста.

Еще одна категория регионов, которую используют при реализации региональной политики, – старопромышленные, где профилирующие виды деятельности в силу научно-технического прогресса и изменений спроса потеряли рынок сбыта, стали убыточными и либо полностью прекратились, либо находятся в стадии стагнации [5]. В связи с тем, что наиболее эффективным способом преодоления проблем таких регионов является преобразование структуры их экономики еще в тот период, когда положение регионального хозяйства стабильно, в ряде стран они включаются в сетки регионов финансового стимулирования независимо от результатов анализа социально-экономических показателей [6].

Доведение кризисных территорий до уровня относительно благополучных должно проходить параллельно с государственной поддержкой хозяйственного развития регионов двух типов, которые выделяются по их стратегическому значению для экономики страны.

Первый тип – регионы, которые могут выполнить функции полюсов роста и быстро выйти на новый уровень своего развития, способствуя перелому негативной ситуации в стране, и стать центрами появления новых хозяйственных отношений, инновационных проектов. Структурная перестройка экономики индустриально развитых регионов и крупных городских агломераций является стратегической задачей регионального развития, так как здесь быстрее всего могут получить развитие наукоемкие производства и увеличится мощность экспортного потенциала. Экономическая политика в отношении таких регионов должна заключаться в системе государственных гарантий частному и иностранному капиталу, в долевом участии при финансировании эффективных и быстроокупаемых проектов.

Второй тип – проблемные регионы, представляющие федеральный интерес из-за своих природных ресурсов и геополитического положения (Тюменская и Сахалинская области, Республика Саха и др.). В ходе перестройки произошло нарушение хозяйственных связей, поэтому экономический и социальный кризис здесь быстро достиг критического уровня, так как функционирование экономики находится в зависимости от поставок топлива, продовольствия, оборудования и других товаров. Эти регионы ориентированы на сырьевые виды деятельности, имеют отсталую социальную сферу, низкое качество жизни населения (за исключением получающей большие доходы от добычи нефти и газа Тюменской области) и деградировавшие экосистемы в местах интенсивной добычи природных ресурсов. В связи с тем, что производимая продукция часто имеет стратегическое значение, проблема поставок должна решаться не только рыночными методами, но и с помощью государственной поддержки.

Интернационализация и глобализация экономики приводят к унификации национальных систем административно-территориального и экономического районирования, формированию транснациональных или трансгосударственных регионов, которые возникают, как правило,

на территориях, смежных с территориями других стран и обладающих сходными физико-географическими и хозяйственными условиями. Этот процесс получил наибольшее развитие в рамках Европейского союза, где статистическое бюро (Евростат) применяет многоуровневое территориальное деление. Таксономической основой региональной политики ЕС является деление территорий в соответствии с единой Номенклатурой территориальных статистических единиц (NUTS–NUTS). Так, территориальная единица называется НАТС (nats – nomenclature of territorial units for statistics). Эта классификация была введена в Европе в 1970-е гг. с целью создания универсальной системы сбора, анализа и сравнения статистических сведений для территориальных единиц различных стран. NUTS предусматривает пять уровней иерархии – три региональных и два местных. В 1995 г. территория ЕС включала 77 регионов первого ранга (НАТС-1) – это субъекты федерации, автономные образования и крупные регионы (в 15 странах). Регионы второго ранга (НАТС-2) – провинции, департаменты и правительственные округа (всего 206). Регионы третьего ранга (НАТС-3) – графства, префектуры и т. п. (всего 531); 1 074 – объекты четвертого ранга и около 99 тыс. – объекты пятого ранга.

Кроме того, в Европе образуются так называемые еврорегионы, включающие территории сопредельных государств. Например, еврорегион «Сарлоттлюкс» включает Саар (ФРГ), Лотарингию (Франция) и государство Люксембург. Баренцрегион был создан для совместного использования ресурсов Баренцева моря и прилегающих к нему территорий с целью координации экономической деятельности на Европейском Севере, куда включаются Россия, Финляндия и Норвегия. В еврорегион «Нейсе» входит ряд восточных земель ФРГ, западные воеводства Польши и западные округа Чехии (все они расположены вдоль реки Нейсе). Еврорегионы имеют свои органы управления и права, частично выходящие за рамки юрисдикции государств, особенно в ЕС. Приграничные регионы России также вовлекаются в процесс формирования транснациональных регионов. Этот феномен наблюдается на границах с Финляндией, Белоруссией, Украиной, Казахстаном, где трансграничные регионы объединены в ассоциации сотрудничества [7].

Понятие «регион» применяется также по отношению к международным сообществам – регионам мира. Некоторые из них – например регион ЕС, регион СНГ, Североамериканская ассоциация свободной торговли – имеют наднациональные институты координации и (или) управления. Такие крупные региональные сообщества, как Азиатско-Тихоокеанский регион, только формируют межгосударственные институты: в 1998 г. был создан межправительственный форум «Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество» (АТЭС). В настоящее время АТЭС объединяет 21 страну, туда принята и Россия.

Несмотря на стремление обеспечить возможность объективного сравнения всех стран – членов ЕС, даже объекты одного уровня в разных странах существенно различаются по площади, численности населения, экономическим показателям и административному подчинению, что влияет и на результаты выделения проблемных ареалов [8].

В настоящее время экономика России воспринимается как многорегиональная структура, функционирующая на основе вертикальных (центр–регионы) и горизонтальных (межрегиональных) взаимодействий. При этом центр должен учитывать интересы территориальных социумов, создавать приемлемые условия для решения вопросов общенационального уровня, способствовать развитию межрегиональных взаимосвязей, стимулировать экономическое развитие регионов через выработку общероссийской и межгосударственной стратегии. Обоснованность отношений центра и регионов определяет эффективность региональной политики.

В связи с тем, что в последнее время рост темпа социально-экономических изменений из-за увеличения скорости распространения информации и, как результата, «сжатия» времени, выявил актуальность управления развитием, то в практике регионального управления приходится решать множество текущих проблем, в основном, проблем функционирования. При этом вопросы перспективы или развития отходят на второй план. Если существующие перспективные проблемы стратегически не начнут выделяться и решаться, то в будущем произойдет ухудшение экономической и социальной ситуации из-за неадекватности планирования.

В настоящее время в системе стратегического управления мировая практика успешно использует новый метод контроля – бенчмаркинг, который представляет собой особую управленческую процедуру внедрения в организации технологий, стандартов и методов работы лучших предприятий [9]. В рамках бенчмаркинга осуществляется поиск организаций, показавших наивысшую эффективность в достижении результатов и производительности, происходит обучение способам их работы и затем реализация передовых методов в собственных условиях. При этом основное содержание бенчмаркинга состоит не столько в определении, насколько другие организации оказались успешнее и конкурентоспособнее, сколько в выявлении факторов и методов работы, которые позволили им достичь более высоких результатов. Бенчмаркинг является, по своей сути, управленческой технологией, позволяющей формализовать передачу и адаптацию передового управленческого опыта не только в рамках предприятий, но и в масштабах стран и регионов. Таким образом, особенностью современной парадигмы управления экономическим развитием региона является то, что оно становится стратегическим, а социально-экономическое развитие территории и эффективное управление этим процессом является заботой не только руководителей, но и бизнесменов, политиков и всего населения данной территории.

Изменение экономических условий в последние годы вызвало интерес специалистов к поиску адекватных форм, методов оптимизации плановых решений и инструментов территориального управления. С учетом опыта зарубежных стран ученые пытаются применять принципы и технологии стратегического планирования, которые реализуются на уровне предприятия, к социально-экономи-

ческим территориальным системам. Однако нет прямой аналогии между хозяйственной системой предприятия и социально-экономической территориальной системой, так как их миссии имеют принципиальные различия; поэтому применение таких моделей управления не в состоянии обеспечить выполнение всех поставленных задач и охватить все направления деятельности. В связи с этим применение теории организаций, к которой склоняются некоторые исследователи, для сферы государственного и регионального управления требует серьезной адаптационной работы на уровне методологических научных исследований.

Таким образом, в настоящее время еще не выработались оптимальные составляющие управления социально-экономическим развитием регионов; тем не менее, все признают необходимость адаптации регионального управления к существующим условиям и поиска вариантов для эффективного функционирования механизма управления территорией, что объективно обуславливает потребность в его постоянном обновлении.

Библиографический список

1. Воронин, Ю. А. Теория районирования и управление территориями / Ю. А. Воронин, Л. Ф. Спивак. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004.
2. Самофалова, Е. В. Государственное регулирование национальной экономики / Е. В. Самофалова, Э. Н. Кузьбожев, Ю. В. Вертакова ; под ред. д-ра экон. наук, проф. Э. Н. Кузьбожева. М. : Кнорус, 2008.
3. Davin, L. E. The structural crisis of a regional economy. A case-study : the wallon area / L. E. Davin // Backward areas in advanced countries : proc. of a conf. held by the Intern. Econ. Assoc. / ed. by E. A. G. Robinson. London : Melbourne : Toronto : New York, 1969.
4. Артоболевский, С. С. Государственное регулирование развития депрессивных районов в развитых странах (на примере Западной Европы) / С. С. Артоболевский // Федерализм и региональная политика: проблемы России и зарубежный опыт : сб. науч. тр. Новосибирск : Экор, 1996.
5. Гранберг, А. Реструктуризация старопромышленных регионов: опыт России и мира / А. Гранберг, С. Артоболевский, Г. Ковалева, Э. Россель // Регион. развитие и сотрудничество. 1998. № 1–2.
6. Татаркин, А. Старопромышленный регион: трудности и перспективы / А. Татаркин, Л. Юрганова // Федерализм. 2000. № 1.
7. Движение регионов России к инновационной экономике / под ред. А. Г. Гранберга, С. Д. Валентея ; Ин-т экономики РАН. М. : Наука, 2006.
8. Проект ТАСИС. Региональная политика, направленная на сокращение экономической и правовой асимметрии. Новосибирск : Экор : Сиб. соглашение, 2000.
9. Кузнецова, О. В. Экономическое развитие регионов: теоретические и практические аспекты государственного регулирования / О. В. Кузнецова. Изд. 4-е. М. : ЛКИ, 2007.

TERRITORIAL ASPECT OF MANAGEMENT

Economic changes in the country in the 90-s caused a decline in vertical relations in the system of administration management. This resulted in the redistribution of competences among different levels of management and an increase in cases of the economic enterprises segregation caused by commercial non-compliance interests of certain legal entities and the territory as a whole. This controversy has objective reasons as today's enterprises cannot work efficiently in the existing system of relations with territorial bodies of the government. This effect first of all is due to their responsibility for the overall social and economic development of the territory.

Keywords: social and economic development of the territory, regional policy.

© Пацук О. В., 2009

УДК 338.3.001.76

Г. И. Латышенко, В. И. Яшкин

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

Рассматривается инновационная политика государства, развитие национальной инновационной системы, стратегические направления инновационного развития, создание промышленных холдингов, а также взаимодействие государства и частного бизнеса в данной области. Анализируются основные направления государственной инновационной политики, заложенные в основу Концепции социально-экономического развития РФ на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова: инновации, стратегии, концепция социально-экономического развития.

Экстенсивный путь развития отечественной экономики, связанный со все большим вовлечением ресурсов, особенно природных, не являющихся возобновляемыми, завел российские предприятия и целые отрасли в тупик. Это все больше ощущается в условиях нарастающего глобального экономического кризиса, который сильнее, чем по другим странам, ударил по России.

На природные ресурсы, являющиеся основой экспорта страны – нефть, природный газ, черные и цветные металлы, лес и уголь – резко упал спрос на мировых рынках. Это привело к сокращению или остановке производства, увеличению безработицы и снижению доходности бюджета страны. Россия не успела перейти от сырьевого к инновационному пути развития. Хотя первые шаги в этой области уже сделаны.

Инновационная деятельность направлена на создание и развитие нововведений – продуктов (процессов, технологий), благодаря которым обеспечивается доминирующее положение страны на мировом рынке, повышение ее экономического потенциала и рост национального богатства. Технологическое лидерство в производстве наукоемкой продукции означает конкурентоспособность, техническую и технологическую независимость и за счет этого – повышение эффективности экономики государства.

К инновационной относится такой вид деятельности, который связан с трансформацией научных исследований и научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт (технологический процесс), используемый в практической деятельности.

Научная деятельность традиционно считается сферой активной государственной политики. Государство призвано разрабатывать стратегии развития, формировать цели, принципы, выбирать приоритеты в данной области. В Российской Федерации государство осуществляет политику поддержки инновационной деятельности, разрабатывая и реализуя систему мер как на общегосударственном уровне, так и на уровне субъектов.

Государственная инновационная политика – это составная часть социально-экономической политики, которая выражает отношение государства к инновационной деятельности, определяет цели, направления, формы деятельности органов государственной власти Российской Федерации в области науки, техники и реализации достижений науки и техники [1].

Согласно разработанной Правительством РФ Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, государственная инновационная политика в России формируется и осуществляется исходя из следующих основных принципов:

- признания приоритетного значения инновационной деятельности для повышения эффективности уровня технологического развития общественного производства, конкурентоспособности наукоемкой продукции, качества жизни населения и экономической безопасности;
- концентрации государственных ресурсов на создании и распространении базисных инноваций, обеспечивающих прогрессивные структурные сдвиги в экономике;

– создании условий для развития рыночных отношений в инновационной сфере и пресечении недобросовестной конкуренции в процессе инновационной деятельности;

– активизации международного сотрудничества Российской Федерации в инновационной сфере;

– укреплении обороноспособности и обеспечении национальной безопасности государства в результате осуществления инновационной деятельности [1].

Концепция долгосрочного социально-экономического развития включает в себя развитие национальной инновационной системы и технологий.

Цель создания национальной системы поддержки инноваций и технологического развития: содействие масштабному технологическому обновлению производства на основе передовых научно-технических разработок, формирование конкурентоспособного национального сектора исследований и разработок, обеспечивающих научное и технологическое лидерство России в мире по направлениям, определяющим ее конкурентные преимущества и национальную безопасность. Запланированы показатели достижения данной цели (см. таблицу) [1].

Достижение указанных целевых показателей будет осуществляться в результате реализации реформ, обеспечивающих стимулирование спроса реального сектора экономики на технологии и инновации, роста качества и масштабов предложения со стороны науки, развития человеческого капитала.

Рост спроса реального сектора экономики на технологии и инновации достигается как в результате общего улучшения институциональных условий для бизнеса (в том числе инновационного), устранение излишних административных, правовых и иных барьеров и ограничений, так и за счет активизации политики по стимулированию этого спроса и инновационной деятельности предприятия.

Такая политика ориентирована на повышение инвестиционной привлекательности научно-технической и инновационной сферы и базируется на принципах частного государственного партнерства.

Для развития национальной инновационной системы России необходимо реализовать комплексы мероприятий по трем основным направлениям (рис. 1). Четвертое направление – это поддержка реализации системы технологических и научно-исследовательских инициатив (проектов), обеспечивающих прорывные позиции России в научно-технологической конкуренции на мировых рынках [2].

Направления исследования в стратегических инновационных проектах базируются на утвержденном Президентом Российской Федерации перечне критических технологий, которые в основном будут реализовываться на базе высокотехнологичных отраслей, таких как авиационная промышленность и двигателестроение, ракетно-космическая промышленность, судостроительная промышленность, радиоэлектронная промышленность, атомный энергопромышленный комплекс, информационно-коммуникационные технологии.

Как следует из Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, одним из стратегических направлений инновационного развития является создание научно-технической и инновационной инфраструктуры, частью которой должны стать предприятия государственного сектора. При формировании институциональной среды, в рамках такого приоритетного направления, как повышение эффективности государственного управления, необходимо сформировать эффективную систему управления государственной собственностью на основе созданных государственных корпораций и крупных государственных холдингов в стратегических отраслях. Приоритетом в развитии данных структур должна стать инновационная стратегия.

Единой модели инновационной стратегии, как и единого стратегического управления для всех предприятий, не существует по одной простой причине – каждая компания по своим характеристикам уникальна. Отсюда следует, что и содержание, и форма стратегического управления инновационным процессом также уникальны.

Но при разработке инновационной стратегии необходимо решить и ряд типовых вопросов, а именно:

– определить тип инновационной стратегии, наиболее соответствующий целям и рыночным позициям предприятия;

– обеспечить соответствие инновационной стратегии организационной структуре, инфраструктуре и системе управления информацией на предприятии;

– определить критерии успеха на возможно более ранних стадиях разработки инновационного проекта;

– выбрать оптимальную процедуру мониторинга и контроля хода реализации проекта.

Выбор инновационной стратегии зависит от многих факторов: рыночной позиции компании и динамики ее изменения, производственного и технологического по-

Основные планируемые показатели, характеризующие национальную систему поддержки инноваций и технологического развития

Показатели	Темп прироста, %	
	2012 г.	2020 г.
Доля России на мировых рынках высокотехнологичных товаров и услуг, по 4...6 позициям	5	10
Удельный вес экспорта российских высокотехнологичных товаров в общем мировом объеме экспорта высокотехнологичных товаров	1	2
Валовая добавленная стоимость инновационного сектора в ВВП	8...10	17...20
Доля предприятий, осуществляющих технологические инновации	19...24	40...50
Удельный вес инновационной продукции в общем объеме промышленной продукции	12...17	25...35
Внутренние затраты на исследования и разработки, % от ВВП	1,8...2	3,5...4
Средняя заработанная плата в секторе исследований и разработок, % от средней заработной платы в экономике	125	150

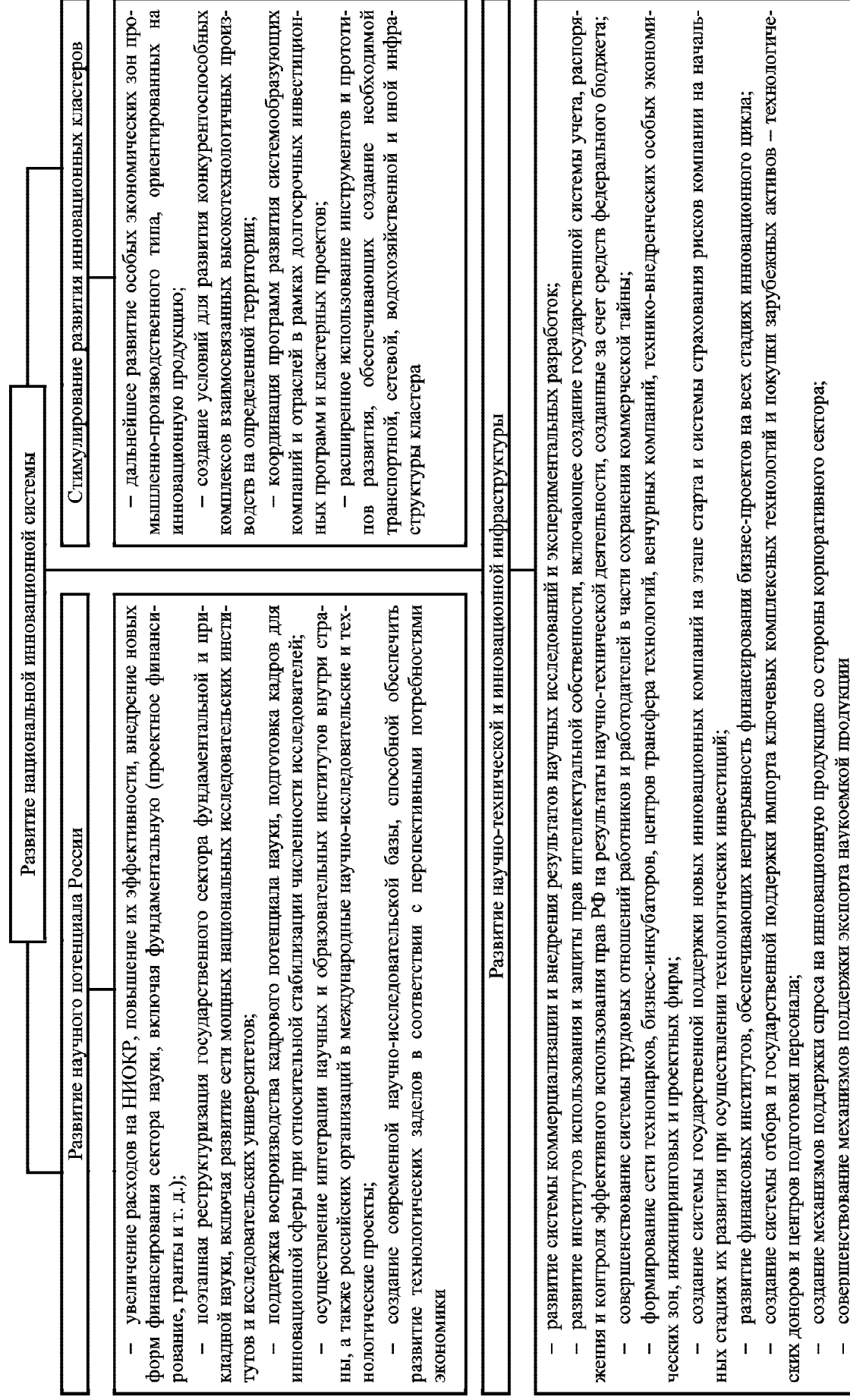


Рис. 1. Меры по развитию национальной инновационной системы

тенциала предприятия, вида производимой продукции, а также внешних факторов.

Стратегия рыночного лидера подразумевает внедрение базисных (радикальных) инноваций, включающих создание принципиально новых видов продукции, технологий, методов организации и управления. Стратегии последователя придерживаются организации, внедряющие улучшающие инновации.

Венгерский социолог Б. Санто приводит следующую классификацию стратегий:

- по характеру «плановиков» и «реализаторов»: институциональные (на уровне предприятия) и центральные (на государственном уровне);
- по предметному содержанию на уровне предприятий: стратегии в области исследований и разработок, продуктовой структуры, рынка, финансов, организации и т. п.; все они являются составными частями долгосрочной инновационной стратегии;
- по «менеджерскому поведению»: традиционная, оппортунистская, имитационная, оборонительная, зависимая, наступательная [3].

Понимая под инновационной стратегией ту или иную модель поведения компании в новых рыночных условиях, можно выделить две группы стратегий: активные и пассивные (рис. 2). Естественный рост фирмы в ходе цикла жизни часто сопряжен с последовательной сменой стратегий.

В основе другого подхода к классификации инновационных стратегий лежит определение цели разрабатываемой стратегии. В качестве таких целей рассматривается достижение лидирующего положения на рынке либо удержание завоеванных позиций (рис. 3).

Данная классификация расширяет и дополняет деление инновационных стратегий по «менеджерскому поведению», предложенное Б. Санто [3].

Кроме того, в литературе по стратегическому и инновационному менеджменту можно встретить другие варианты классификации инновационных стратегий, в той или иной мере соответствующие перечисленным выше способам.

Инновации имеют свой жизненный цикл, начинающийся с возникновения новой идеи и завершающийся внедрением и утверждением нового продукта на рынке. М. В. Шабуришвили разделяет инновационный процесс холдинга на шесть фаз (рис. 4).

Фаза 1. Инновационная стратегия холдинга. Стратегические решения по инновационной деятельности могут и должны приниматься только в связи с решениями в области общей стратегии инжинирингового холдинга и стратегической программы производства. В то же время они предопределяют исходные условия решений относительно последующего процесса. Стратегия позволяет заранее установить планку в инновационных устремлениях холдинга.



Рис. 2. Классификация инновационных стратегий в зависимости от модели поведения предприятия на рынке



Рис. 3. Классификация инновационных стратегий в зависимости от инновационных целей

Фаза 2. Поиск идей и их оценка. В этой фазе осуществляется поиск творческих идей для проблемных решений. Найденные идеи подвергаются оценкам: сначала отбрасываются неподходящие, затем проверяются самые перспективные с одновременным выявлением их потенциальных рыночных шансов. Результатом отбора лучших идей является предложение о производстве нового продукта, дополненное изложением основы дальнейших мероприятий.

Фаза 3. Продуктовое решение. В этой фазе руководство инжинирингового холдинга должно убедиться, что благодаря продуктовой идее будет разработан реальный продукт, который может быть включен в стратегическую программу холдинга и продвинут на рынок. При этом конкретный продукт может не только удовлетворять существующие потребности потребителей, но и формировать новые.

Фаза 4. Научные исследования и разработки, технологический трансферт. В сфере научных исследований и разработок проводятся следующие различия: фундаментальные исследования не имеют прямого отношения к продукту, прикладные нацелены на будущее применение полученных результатов, а в ходе разработок главный интерес представляет конкретный рыночный результат. Постоянно растущее влияние современных технологий на конкурентоспособность малых и средних компаний требует целенаправленного использования всех предоставляющихся возможностей технологического трансферта.

Фаза 5. Освоение производства. Разработка продукта считается законченной, когда можно начать производство и все внимание сосредоточить на продукте в фазе изготовления. Значение этой переходной фазы в рамках инновационного процесса чаще всего недооценивается, в результате чего возникают и значительные потери времени, и убытки для холдинга.

Фаза 6. Внедрение на рынок. Инновационный процесс завершается внедрением новинки на рынок. Как показали проведенные исследования, неудачей заканчивается введение примерно 1/3 новых продуктов, а среди введенных лишь около 1/3 дает прибыль выше среднего уровня, остальные позволяют только покрыть издержки [4].

Очевидно, что инновации создания нового продукта для многих российских компаний в настоящее время особенно актуальны. Но только 8 % всех предприятий сегодня используют стратегию инноваций. Большая часть продукции, выпускаемой российской промышленностью, была разработана еще в советские времена, т. е. 15...20 лет назад, а в передовых мировых компаниях инновационный цикл смены поколения продукции составляет в среднем 3...7 лет. Кроме этого, в старых разработках не уделялось должного внимания таким параметрам, как система управления, энергопотребление, эргономика, масса, габаритные размеры.

При инновациях создания нового продукта прослеживаются два подхода. Часть компаний пытаются придать это-

му процессу некую упорядоченность, встраивают инновации в стратегию развития. Однако еще на многих предприятиях этот процесс носит хаотичный и субъективный характер. Наиболее часто на российском рынке встречается стратегия инноваций, направленная на достижение диверсификации. Стратегию инноваций некоторые холдинги видят в диверсификации продукции. Занять более чем 60...70 % рынка (по отдельному изделию) сегодня невозможно по ряду причин, поэтому решение задачи увеличения объема производства сводится к диверсификации, расширению номенклатуры выпускаемых изделий.

Что касается инновационного развития бизнеса и малых предприятий, то здесь большую роль играет взаимодействие с государством. Достижение целей развития, успешная модернизация экономики и социальной сферы предполагает выстраивание эффективных механизмов взаимодействия между бизнесом и государством, направленных на координацию усилий обеих сторон, обеспечение учета интересов бизнеса при выработке и проведении социально-экономической политики.

Инновационный тип развития требует создания максимально благоприятных условий для предпринимательской инициативы, повышения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности российских частных компаний, расширения их способности к работе на открытых глобальных рынках в условиях жесткой конкуренции – поскольку именно частный бизнес является основной движущей силой экономического развития. Государство может создать необходимые условия и стимулы для развития бизнеса, но не должно подменять бизнес собственной активностью.

Принципы, которыми в целях перехода к инновационному социально-ориентированному развитию в Российской Федерации будет руководствоваться государство в отношениях с субъектами предпринимательской деятельности, следующие:

- создание условий для свободы предпринимательства и конкуренции, развитие механизмов саморегулирования предпринимательского сообщества, снижение административных барьеров в экономике, превращение России в страну с низким уровнем коррупции;
- формирование условий для массового создания новых частных компаний во всех отраслях экономики, совместная с бизнесом работа по повышению общественного статуса и значимости предпринимательства и собственности;
- прекращение избыточного государственного регулирования экономики и переход преимущественно к косвенным методам регулирования экономических процессов;
- поэтапное сокращение участия государства в управлении собственностью в конкурентных отраслях экономики посредством прозрачных и эффективных приватизационных процедур, основанных на принципах ры-

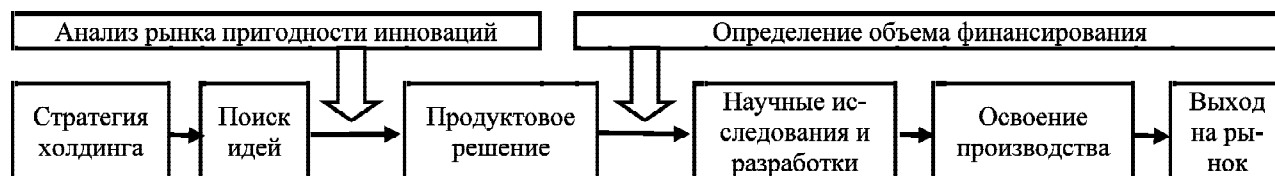


Рис. 4. Фазы инновационной стратегии холдинга

ночной оценки, равного доступа к имуществу и открытости деятельности органов власти;

- концентрация государственного предпринимательства, главным образом в отраслях, связанных с обеспечением обороноспособности и национальной безопасности и развитием инфраструктуры;

- безусловное обеспечение равных условий конкуренции в тех секторах, где наряду с государственными функционируют частные компании;

- поддержание макроэкономической стабильности и предсказуемости изменения основных макроэкономических параметров, последовательное снижение уровня инфляции;

- развитие частно-государственного партнерства, направленного на снижение предпринимательских и инвестиционных рисков, прежде всего в сферах исследований и разработок, распространения новых технологий, развития транспортной и энергетической инфраструктуры;

- поддержка инициатив бизнеса по участию в развитии социальной сферы и человеческого капитала;

- активная поддержка российских компаний на внешних рынках, в том числе прямых иностранных инвестиций российских компаний, при соблюдении норм международного права и обязательств Российской Федерации в данной области, защита интересов российского бизнеса в случае нарушения его прав в зарубежных странах;

- расширение участия предпринимательского сообщества в подготовке решений органов государственной власти, связанных с регулированием экономики [2].

В предпринимательской среде основными субъектами, заинтересованными в переходе к инновационной социально ориентированной экономике, являются компании, разрабатывающие новые технологии, предоставляющие интеллектуальные и социальные услуги, работники образования, науки, здравоохранения и высокотехнологичных секторов экономики, занятые производством новых продуктов и услуг (потенциально около трети занятых в экономике). Вместе с тем в инновационном развитии заинтересованы значительно более широкие слои работников и бизнеса, сталкивающиеся с интенсивной глобальной конкуренцией и нуждающиеся в активном технологическом перевооружении, управленческих и социальных инновациях.

В заключение необходимо отметить, что переход российской экономики от экспортно-сырьевого к инновационному социально ориентированному типу развития позволит резко расширить конкурентный потенциал российской экономики за счет наращивания ее сравнительных преимуществ в науке, образовании и высоких технологиях и, на этой основе, задействовать новые источники экономического роста и повышения благосостояния. Формирование инновационной экономики означает превращение интеллекта, творческого потенциала человека в ведущий фактор экономического роста и национальной конкурентоспособности, наряду со значительным повышением эффективности использования природных ресурсов и производственного капитала. Источником высоких доходов становится не только возможность получения ренты от использования природных ресурсов и мировой конъюнктуры, но и производство новых идей, технологий и социальных инноваций. Принятие и реализация Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ поможет добиться результатов в области инноваций на всех уровнях: государства, региона, отрасли, холдинга, бизнеса. В Концепции поставлены конкретные цели, определены пути, основные направления и меры, направленные на поддержание усилий в данной области как со стороны государства, так и отдельных предприятий.

Библиографический список

1. Дерягин, А. В. Наука и инновационная экономика в России / А. В. Дерягин // Инновации. 2005. № 5. С. 15–27.
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс] // Минэкономразвития России. Электрон. дан. 2008. Режим доступа: <http://www.economy.gov.ru/>. Загл. с экрана.
3. Санто, Б. Инновация как средство развития экономики / Б. Санто. М.: Прогресс, 1990.
4. Шабуришвили, М. В. Структура инновационного процесса инжинирингового холдинга / М. В. Шабуришвили // Экономика России: основные направления совершенствования: межвузовский сб. науч. тр. М., 2003. С. 132–135.

G. I. Latyshenko, V. I. Yashkin

FEATURES OF RUSSIAN INNOVATION SYSTEM DEVELOPMENT

The state of innovation policy, the national innovation system strategic directions of the innovation development, industrial holding foundation and interaction of the state and private business are considered. The basic directions of the state innovative policy as a basis of social economic development concept of the Russian Federation for a long-term prospect are analyzed.

Keywords: innovations, strategy, concept of social and economic development.

© Латышенко Г. И., Яшкин В. И., 2009

Г. С. Михалев, Л. Р. Батукова

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ: ПОНЯТИЙНО-КАТЕГОРИАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Рассматривается ряд базовых понятий инновационной методологии, сформированных на институциональном уровне, анализируется уровень их методологической трактовки и возможности их использования в качестве основы для разработки методических инструментов.

Ключевые слова: инновационный тип развития, национальная инновационная система, инновационный социально ориентированный тип экономического развития, инновационная модель экономического роста, модель инновационного социально ориентированного развития.

Перед Россией в настоящее время стоит задача скорейшего перехода на инновационный тип развития экономики. Авторы научных исследований, как правило, под данным типом развития понимают такое развитие экономики, где знания и их коммерциализация играют решающую роль в устойчивом росте валового внутреннего продукта, а производство знаний становится основным ресурсом сохранения устойчивого роста экономики. В качестве основного конкурентного преимущества социально-экономической системы, развивающейся на инновациях, выделяют возможность ее опережающей модернизации на основе накопленного или привлекаемого извне интеллектуального потенциала.

Осуществление перехода на инновационный тип развития экономики требует глубокого осмысления сущности процессов инновационного развития, обоснованной методологической и методической базы. В связи с этим понятен большой интерес со стороны современных исследователей к инновационной тематике.

В ходе споров и прогнозов на данную тему в современной экономической науке сформировался ряд широкоупотребительных понятий инновационного ряда. К ним относятся такие понятия, как инновационное развитие, инновация, инновационная деятельность, инновационный бизнес и прочие. Несмотря на широкую дискуссию по поводу определения инновационных понятий, к сожалению, можно констатировать, что единства в понимании данных терминов до настоящего времени не достигнуто. В то же время, экономическая практика, имея реальную потребность в понятиях инновационного ряда, активно начала их использовать.

В современных документах, сопровождающих реальную экономическую и хозяйственную деятельность в России (законах и подзаконных актах, концепциях, анализах, стратегиях, аналитических обзорах и проч.), в последние годы широко используются различные понятия инновационного ряда.

К системообразующим понятиям можно отнести понятия, которые формируются и используются в документах на государственном (муниципальном) уровне. Данные понятия задают вектор, основные параметры, принципы инновационного развития, в русле которого формируются прикладные понятия инновационного ряда. К системообразующим терминам можно отнести, например, такие как инновационный тип (путь) развития экономики, инновационная модель развития социэкономической системы, национальная (региональная) инновационная система.

К производным понятиям инновационного ряда относится ряд понятий, которые обозначают объекты и процессы реальной экономической практики – инновационный проект, инновационная деятельность, инновационная инфраструктура, инновационные предприятия и другие.

Системообразующие термины, по своей сути, должны служить методологической основой инновационного развития и опираться на основные макроэкономические и философские категории. Тогда производные понятия, сформированные на их основе, будут четкими и однозначными. В нашем случае, по-видимому, этого не происходит.

Несмотря на то что термины инновационного ряда переключались из области научно-исследовательской в правовую и хозяйственную, это не добавило им ясности. По-прежнему, даже в документах правительства, предназначенных быть методологической и методической основой инновационного развития, имеют место разночтения, нечеткость, расплывчатость определений и формулировок. В связи с этим возникают значительные проблемы на прикладном уровне, когда экономические и хозяйствующие субъекты пытаются в реальности выстроить систему взаимоотношений на основе не до конца проработанных, но закрепленных на государственном (муниципальном) уровне понятий. Это весьма серьезная проблема, без разрешения которой вряд ли можно продвинуться в инновационном развитии экономики страны. Чтобы оценить уровень проблемы, рассмотрим наиболее значимые документы, которые сегодня используются в качестве основы для принятия решений или примера для разработки новых документов инновационной направленности.

Одним из основополагающих документов в области инновационного развития России является Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 г., принятая распоряжением Правительства РФ № 1662-р от 17 ноября 2008 г. (далее по тексту – Концепция). Анализ данного документа принципиально необходим, так как на сегодня – это базовый документ федерального уровня, закрепляющий стратегические направления экономического и технологического развития.

Данная Концепция, как и любая другая концепция, призвана закрепить в институциональном поле базовую методологическую основу и сформировать, укрупненно, основные методические подходы, обеспечивающие

решение поставленных задач. Это необходимо для того, чтобы пользователь получил четкий и ясный ответ на вопрос «Как достигать целей Концепции?».

А цель Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ – «определение путей и способов обеспечения в долгосрочной перспективе (2008–2020 гг.) устойчивого повышения благосостояния российских граждан, национальной безопасности, динамичного развития экономики, укрепления позиций России в мировом сообществе» [1].

Приоритетной задачей Концепции, обеспечивающей достижение данной цели, является переход Российской Федерации на *инновационный тип развития*. Специального определения данного понятия разработчик Концепции (далее по тексту – разработчик) не дает, но говорит о значении инновационного пути развития: без него «невозможно формирование конкурентоспособной в глобальном масштабе *национальной инновационной системы*». Кроме того, перейти на инновационный тип развития можно, по мнению разработчика, если:

- обеспечить «повышение профессиональных требований к кадрам, включая уровень интеллектуального и культурного развития»;

- сформировать «национальную инновационную систему, включая такие элементы, как интегрированная с высшим образованием система научных исследований и разработок, гибко реагирующая на запросы со стороны экономики, инжиниринговый бизнес, инновационная инфраструктура».

Как видим, имеет место кольцевая ссылка: инновационный путь развития должен обеспечить формирование национальной инновационной системы; в свою очередь, чтобы перейти на инновационный путь развития, нужно сформировать национальную инновационную систему. В результате данной некорректности оба понятия в Концепции, по сути, методологически не определены.

Косвенно можно было определиться с сущностью инновационного пути развития, если бы было четко сформулировано понятие *национальной инновационной системы*, например, исходя из ее внутренней организации. Разработчик Концепции определяет организационную сущность национальной инновационной системы следующим образом.

«Национальная инновационная система представляет собой совокупность взаимосвязанных организаций (структур), занятых производством и (или) коммерческой реализацией знаний и технологий, и комплекса институтов правового, финансового и социального характера, обеспечивающих взаимодействие образовательных, научных, предпринимательских и некоммерческих организаций и структур во всех сферах экономики и общественной жизни».

При анализе данного определения становится ясно, что оно не проясняет не только сущности понятия *инновационного типа развития*, но и понятия *национальной инновационной системы*. Определение сформировано таким образом, что даже существующая сегодня совокупность институтов, предприятий и организаций, имеющих отношение к коммерческой реализации знаний и технологий, подпадает под определение *национальной инновационной*

системы, данное в Концепции. Хотя всем ясно, что такая система в настоящее время в РФ практически отсутствует. Причем уточнение определения в избранном формате ничего не даст, так как простое перечисление элементов, без выявления их связывающей методологической основы, не позволяет четко определить такой сложный объект, как *национальная инновационная система*.

Вызывает интерес еще одна формулировка, которая определяет требования к переходу на инновационный тип развития. Законодатель считает, что «инновационный тип экономического развития *требует* создания максимально благоприятных условий для предпринимательской инициативы, повышения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности российских частных компаний, расширения их способности к работе на открытых глобальных рынках в условиях жесткой конкуренции, поскольку именно частный бизнес является основной движущей силой экономического развития. Государство может создать необходимые условия и стимулы для развития бизнеса, но не должно подменять бизнес собственной активностью».

Из данной цитаты следует, что инновационный тип развития – это не просто совокупность определенных факторов, таких как максимально благоприятные условия для предпринимательской инициативы, повышение конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности российских частных компаний, расширение их способности к работе на открытых глобальных рынках, созданные государством условия и стимулы для развития бизнеса и так далее. Это нечто другое... но для наступления *этого* (перехода на инновационный тип экономического развития) необходимо наличие перечисленных конкретных условий. Данное наблюдение является важным, так как авторы полагают, что это не просто юридическая некорректность разработчика. Эта формулировка обнажает суть методологической проблемы. С одной стороны – отсутствие четко сформулированной методологической основы, позволяющей конкретно определить базовый термин инновационного ряда в документе, с другой – попытка разработчика в отсутствии такой методологической основы косвенно определить суть понятия, так необходимого для реальной практики.

По-видимому, именно отсутствие всесторонне обоснованной методологической базы толкает разработчика и на введение дополнительных терминов, дублирующих основные понятия.

Так, по-нашему мнению, для более точного изложения сути *инновационного типа развития* РФ разработчик использует термин *инновационный социально ориентированный тип экономического развития* (Российской Федерации). Сущность данного типа развития законодателем не формулируется, но указывается, что он характеризуется тем, что «опирается на» (далее по тексту – опорные характеристики):

- а) «модернизацию традиционных секторов российской экономики (нефтегазового, сырьевого, аграрного и транспортного), опережающее увеличение объема продукции отраслей высоких переделов, которые вплоть до 2020 г. остаются ведущими секторами производства валового внутреннего продукта»;

б) «превращение инноваций в ведущий фактор экономического роста во всех секторах экономики, повышение производительности труда в секторах, определяющих национальную конкурентоспособность, в 3...5 раз и снижение энергоемкости в среднем в 1,6...1,8 раза»;

в) «формирование экономики знаний и высоких технологий, которая становится одним из ведущих секторов национальной экономики, сопоставимым к 2020 г. по своему вкладу в валовой внутренний продукт с нефтегазовым и сырьевым секторами». При этом под экономикой знаний и высоких технологий понимаются сферы профессионального образования, высокотехнологичной медицинской помощи, науки и опытно-конструкторских разработок, связи и телекоммуникаций, наукоемкие подотрасли химии и машиностроения.

Что это? Условия перехода на инновационный социально ориентированный тип экономического развития или это и есть характеристика данного типа развития?

В разделе «Направления перехода к инновационному социально ориентированному типу экономического развития» законодатель указывает комплекс конкретных преобразований (условий), которые необходимо осуществить в обеспечение данного перехода, а именно:

- развитие человеческого потенциала России;
- создание высококонкурентной институциональной среды, стимулирующей предпринимательскую активность и привлечение капитала в экономику;
- структурную диверсификацию экономики на основе инновационного технологического развития;
- закрепление и расширение глобальных конкурентных преимуществ России в традиционных сферах (таких как энергетика, транспорт, аграрный сектор, переработка природных ресурсов);
- расширение и укрепление внешнеэкономических позиций России, повышение эффективности ее участия в мировом разделении труда.

Судя по тому, что условия перехода определены более или менее четко, три опорные характеристики, перечисленные выше, и являются сущностью *инновационного социально ориентированного типа экономического развития* РФ. Но тогда встает ряд вытекающих из данных характеристик вопросов.

Во-первых, модернизация традиционных секторов российской экономики, пусть даже на основе передовых технологий – это и есть суть *инновационного социально ориентированного типа экономического развития* РФ? Но если это так, то чем обоснован именно такой выбор направлений, помимо традиции и того, что мы больше ничего не можем придумать? Кроме того, почему модернизация данных секторов промышленности приведет именно к инновационному типу развития экономики? Ведь и ранее, и сейчас имела место модернизация по отдельным направлениям на основе передовых технологий, но к инновационному развитию экономики в целом это не приводило.

Во-вторых, какова цель формирования экономики знаний и высоких технологий, которая, согласно Концепции, должна стать одним из ведущих секторов национальной экономики к 2020 г.? Экономика знаний должна обслуживать модернизированный традиционный сектор

или есть другие варианты применения ее потенциала? Кто конечный потребитель продукции экономики знаний?

На данные вопросы в документе нет ответов. В принципе, вопросов по данным характеристикам может быть задано и больше. Но критика Концепции – это не цель авторов данной статьи. Цель состоит в том, чтобы продемонстрировать недостаточно проработанную методологическую основу, на которую опирается разработчик документа, а также то, что введение в Концепцию уточняющих понятий не увеличивает ясности в трактовке базовых понятий инновационного ряда.

В продолжение исследования рассмотрим еще один из основных терминов Концепции – *инновационную модель экономического роста*. Термин также не определен, но в контексте документа он использован как синоним *инновационного типа развития социальноэкономической системы*. Понятие *инновационной модели экономического роста* разработчик противопоставляет понятию *экспортно-сырьевой модели* экономического роста социальноэкономической системы. В терминологии моделей развития цель социальноэкономического развития России рассматривается как «переход от экспортно-сырьевой к инновационной модели экономического роста». Обеспечивается такой переход, по замыслу разработчика, «формированием нового механизма социального развития, основанного на сбалансированности предпринимательской свободы, социальной справедливости и национальной конкурентоспособности» [1]. Таким образом, разработчик в данном случае опирается на понятия сбалансированности предпринимательской свободы, социальной справедливости и национальной конкурентоспособности.

Но в определениях как предпринимательской свободы, так и социальной справедливости и национальной конкурентоспособности разработчик ограничивается лишь декларацией понятий, и это объяснимо – данные вопросы до конца не решены даже на уровне фундаментальной науки, по ним до сих пор ведутся споры и еще долго будут вестись. Как же они могут быть положены в основу концептуального документа? Именно поэтому определение перехода на *инновационную модель экономического роста* не проясняет ни само понятие *инновационной модели экономического роста*, ни прочие понятия инновационного ряда.

Анализ основных понятий Концепции будет неполным, если не остановиться на понятии *инновационного социально ориентированного развития*. Данное понятие является производным, уточняющим по отношению к понятиям *инновационный тип экономического роста* и *инновационная модель экономического роста*, использованных в Концепции, а поэтому, по свойству транзитивности, оно хотя бы частично должно определять понятие *инновационный тип развития*. Данному термину разработчик дает следующее определение.

Модель инновационного социально ориентированного развития РФ – это такая модель роста, которая «наряду с использованием традиционных конкурентных преимуществ в энергосырьевом секторе предполагает создание и активизацию новых факторов экономического роста, отвечающих вызовам долгосрочного периода. Это – прорыв в повышении эффективности человечес-

кого капитала и создании комфортных социальных условий, либерализация экономических институтов и усиление конкурентности бизнес-среды, ускоренное распространение новых технологий в экономике и развитие высокотехнологичных производств, активизация внешнеэкономической политики». Критерием фактического развития по данной модели разработчик предлагает считать выход российской экономики «на траекторию долгосрочного устойчивого роста со средним темпом около 106,4...106,5 процента в год».

Анализируя данное определение, вновь можно констатировать, что принципиальных возражений оно не вызывает. Но под него подпадает большое количество разнообразных вариантов развития, и поэтому оно не вносит методологической ясности в понимание сущности ни *инновационного типа развития*, ни *инновационной модели экономического роста*. Относительно заданных критериев роста можно сказать, что они безусловно желательны. Но, как показывает практика, они могут быть достигнуты и без ведущей роли инновационных факторов.

Кроме вышеперечисленных, вызывает интерес и понятие *инновационного технологического развития*, использованное в Концепции. Данный вид развития, по замыслу разработчика, «должен обеспечить структурную диверсификацию экономики РФ». В свою очередь, структурная диверсификация экономики необходима как одно из направлений, обеспечивающих переход к *инновационному социально ориентированному типу экономического развития*. Инновационное технологическое развитие предполагает:

а) «формирование национальной инновационной системы, включая такие элементы, как интегрированная с высшим образованием система научных исследований и разработок, гибко реагирующая на запросы со стороны экономики, инжиниринговый бизнес, инновационная инфраструктура, институты рынка интеллектуальной собственности, механизмы стимулирования инноваций и другие»;

б) «формирование мощного научно-технологического комплекса, обеспечивающего достижение и поддержание лидерства России в научных исследованиях и технологиях по приоритетным направлениям»;

в) «создание центров глобальной компетенции в обрабатывающих отраслях, включая высокотехнологичные производства и экономику знаний»;

г) «содействие повышению конкурентоспособности ведущих отраслей экономики путем использования механизмов частно-государственного партнерства, улучшения условий доступа российских компаний к источникам долгосрочных инвестиций, обеспечения отраслей экономики высокопрофессиональными кадрами менеджеров, инженеров и рабочей силой, поддержки экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью и рациональной защиты внутренних рынков с учетом международной практики в данной области».

Как видим, данное понятие вновь опирается на понятие *национальной инновационной системы*, которое методологически очень слабо разработано. Кроме того, вызывают вопросы выделенные в отдельные пункты меры по формированию *мощного научно-технологичес-*

кого комплекса и созданию центров глобальной компетенции. Разве данные меры не входят в число мер по созданию *национальной инновационной системы*, разве они не требуют единой методологии, а соответственно – единого идентифицирующего названия и единой координации? Но если входят, то почему они в данном случае разделены? Или *национальная инновационная система* – это абстрактный объект в целом, который не планируется, и, как следствие, за который никто не отвечает?

Имеется еще ряд существенных вопросов, связанных с данным понятием. Но большая их часть сводится к следующему: чем отличаются меры, перечисленные в данном документе и объединенные понятием *инновационного технологического развития*, от тех же самых мер, которые планировались ранее, но не были объединены данным понятием? На первый взгляд – ничем.

Помимо системообразующих методологических понятий, в Концепции используется и ряд прикладных терминов инновационной направленности. Это и инновация, и инновационная компания, и инновационный потенциал, и прочие. Но так как данный документ ориентирован на формирование общего концептуального поля инновационного развития, то указанные прикладные понятия в нем практически не разъяснены.

В целом, данный документ оставляет впечатление, что разработчик совершил героическую попытку совместить в нем и разработку методологической основы, и формирование базового методического инструментария инновационного развития социальноэкономической системы РФ. Но повторимся, такого рода документы должны лишь закреплять методологию и уделять основное внимание методическим вопросам. Формирование методологической основы – дело науки. Данное положение могло сложиться только в отсутствии предложения со стороны российской экономической науки системно разработанной методологии инновационного развития.

В то же время, как было сказано, в экономической и хозяйственной практике имеется огромная потребность в методологической и методической основе инновационного развития. Сама жизнь подталкивает экономических субъектов к самостоятельной разработке данной тематики. На уровне субъектов Федерации и на муниципальном уровне разработано немало документов, которые призваны помочь конкретным территориям и бизнес-объектам в разрешении проблемы недостаточной методологической и методической обеспеченности инновационного развития.

Наиболее развитой в данном отношении является методологическая и методическая обеспеченность города Москвы. Закон города Москвы об инновационной деятельности и целый ряд постановлений московского правительства формируют правовое поле и методически обеспечивают инновационное развитие экономики города, а также служат примером для разработки аналогичных документов в других регионах. Рассмотрим более подробно Закон города Москвы (далее по тексту – Закон) об инновационной деятельности [2].

В Законе использованы следующие основные понятия: инновационная деятельность, продукция инновационной деятельности, инновационная политика города

Москвы, инновационная программа (проект), инновационная программа города Москвы (комплексная программа инноваций), субъект инновационной деятельности.

В целом, к достоинствам данного Закона следует отнести то, что основные положения сформулированы достаточно четко и однозначно, во многом благодаря тому, что четко определены основные понятия Закона. Таким образом, внешне Закон выглядит вполне достойным методическим инструментом.

В то же время, при более углубленном анализе определений основных понятий мы видим, что весь их перечень сформирован с опорой на два базовых понятия, которые постулируются в виде аксиом. Это понятия инновационной деятельности и продукции инновационной деятельности (инноваций) (далее по тексту – опорные понятия). Таким образом, в данном случае опорные понятия выступают в роли методологической основы документа. Их определения приведены в таблице.

Собственно, определения данных понятий не являются изобретением авторов Закона. Они удачно сублимируют накопленный исследователями инновационной тематики научный опыт. Но несмотря на это, данные определения не содержат самого главного – однозначных, методологически обоснованных критериев, которые позволили бы на практике отделить инновационную деятельность от неинновационной и инновации от неинноваций.

Так, например, внедрение научно-технического достижения, которое освоено за рубежом, а у нас не использовалось, и только теперь внедряется, в течение какого периода считать инновацией? Или другой вопрос: только ли научно-технические и научно-технологические достижения в технологических процессах, новые или усовершенствованные товары, услуги, реализуемые на внутреннем и внешнем рынках, следует считать объектами инновационной деятельности? И как быть с другими новшествами, с теми, например, которые не реализуются на рынке, а

поступают к потребителю по другим, не рыночным каналам? И таких вопросов можно задать множество.

Данные вопросы не новы и они периодически дискутируются в среде исследователей. И это вновь свидетельствует о недостаточной разработанности методологической основы инновационного развития, что обуславливает несовершенство формируемого методического инструментария.

Утверждение о недостаточной разработанности методологической основы может показаться спорным в связи с наличием большого количества трудов по данной тематике и в России, и за рубежом. В связи с этим можно возразить, что отечественные исследователи, к большому сожалению, в целом следуют направлениям, заданным зарубежными исследователями, и не так часто, как хотелось бы, избирают собственные, авторские направления.

Таким образом, все вышесказанное свидетельствует, во-первых, о важности понятийно-категориальных инструментов как для теории экономики, так и для экономической практики, во-вторых, о необходимости анализа используемых в экономике и правовом поле понятий инновационного ряда.

Библиографический список

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 г., утвержденная распоряжением Правительства РФ № 1662-р от 17 ноября 2008 г. [Электронный ресурс] // Справ.-информ. система «Консультант Плюс». Электрон. дан. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>. Загл. с экрана.
2. Закон города Москвы об инновационной деятельности в городе Москве N 45 в ред. Закона г. Москвы от 30.11.2005 г. [Электронный ресурс] // Справ.-информ. система «Консультант Плюс». Электрон. дан. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>. Загл. с экрана.

Опорные понятия Закона города Москвы об инновационной деятельности

Опорное понятие	Характеристика
Инновационная деятельность	Деятельность, направленная на внедрение научно-технических или научно-технологических достижений в технологические процессы, новые или усовершенствованные товары, услуги, реализуемые на внутреннем и внешнем рынках
Продукция инновационной деятельности (инновация)	Внедренные научно-технические или научно-технологические достижения, освоенные в производстве новые или усовершенствованные товары, услуги или технологические процессы

G. S. Mikhalev, L. R. Batukova

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RUSSIAN ECONOMY: CONCEPTUAL AND CATEGORIAL TOOLS

Several conceptions of innovation methodology formed on the institutional level is rated. The level of methodological interpretation and the possibility of their use as a base for development of methodological instruments are analyzed.

Keywords: innovation type of development, national innovation system, innovation social directed type of economics development, innovation model of economic growth, model of innovation social directed development.

© Михалев Г. С., Батукова Л. Р., 2009

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С НЕСКОЛЬКИМИ ИСТОЧНИКАМИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Рассмотрены основные определения портфеля бизнес-процессов и показателей эффективности экономической системы. Продемонстрированы методики оценивания показателей эффективности экономической системы. Рассмотрены подходы к решению задачи оценивания показателей эффективности использования частных финансовых потоков в рамках одного портфеля или бизнес-процесса.

Ключевые слова: бизнес-процесс, портфель бизнес-процессов, оценка эффективности, показатели эффективности, экономическая система.

Портфель бизнес-процессов (portfolio of business processes) служит удобной моделью для решения задач синтеза, анализа, моделирования, оптимизации экономических систем и представляет собой интегрированную систему, состоящую из компонентов (бизнес-процессов) различной природы. Ниже исследуются модели в виде портфелей произвольных бизнес-процессов (БП). Слово «произвольных» означает, что такие модели могут состоять из бизнес-процессов, связанных с производственной, страховой, кредитной, издательской, научно-исследовательской и многими другими видами деятельности. Таким образом, модель в виде портфеля бизнес-процессов может формироваться на основе множества бизнес-процессов различной природы [1]. Введем в рассмотрение математическую модель экономической системы в виде совокупности взаимосвязанных бизнес-процессов, на основе которой исследуется портфель бизнес-процессов, в частности, решается задача нахождения (формирования, построения) наилучшего портфеля бизнес-процессов. Для этого введем в рассмотрение N исходных (базисных, базовых) бизнес-процессов $BP_1(t)$, $BP_2(t)$, ..., $BP_N(t)$, на основе которых формируется множество вида $BP = \{BP_1(t), BP_2(t), \dots, BP_N(t)\}$. Принадлежность бизнес-процесса $BP_i(t)$ множеству BP будем обозначать, как обычно принято, как $BP_i(t) \in BP$. В свою очередь, внутренняя структура произвольного бизнес-процесса $BP_i(t)$, $BP_i(t) \in BP$, определим в виде кортежа $BP_i(t) = \langle W_{f,i}(t), R_{f,i}(t), P_{f,i}(t), C_{fin,i}(t), C_{fout,i}(t), t_i, \bar{t}_i, t_{0i}, T_i \rangle$, $i = 1, 2, \dots, N$, где $W_{f,i}(t)$ – вектор потоков работ для $BP_i(t)$; $W_{f,i}(t) = (W_{f,i1}(t), \dots, W_{f,iw}(t))^T$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; $R_{f,i}(t)$ – вектор ресурсов, расходуемых в соответствии с процессом $BP_i(t)$, $R_{f,i}(t) = (R_{f,i1}(t), \dots, R_{f,iw}(t))^T$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; $C_{fin,i}(t)$ – вектор входных финансовых потоков процесса $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; $C_{fout,i}(t)$ – вектор выходных финансовых потоков для $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; t_i – время подачи команды к инициализации процесса $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; $\bar{t}_i$ – время инициализации процессом $BP_i(t)$ следующего за ним процесса или процессов; t_{0i} – время начала реализации процесса $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; T_i – длительность процесса $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$; $P_{f,i}(t)$ – вектор выпущенных (произведенных) продуктов (изделий, товаров, услуг и т. д.) процессом $BP_i(t)$; $t \in [t_{0i}, t_{0i} + T_i]$. Отметим, что каждый из процессов $BP_i(t)$ может быть определен также и некоторыми другими характеристиками. Например, это могут быть функции интенсивности расходования ресурсов $R_{f,i}(t)$ в единицу времени, стоимости работ и другие.

Всё множество факторов (характеристик, переменных) $BP(t)$ можно разбить на внутренние относительно фиксированного BP , например $W_{f,i}(t)$, t_{0i} , T_i и, возможно, некоторые другие, и внешние относительно этого BP , например, $R_{f,i}(t)$, $C_{fin,i}(t)$, $C_{fout,i}(t)$, t_i , $\bar{t}_i$ и другие. Обозначим входные, выходные и внутренние характеристики бизнес-процессов из множества BP как $F_{in,j}(t) = R_{f,j}(t) \cdot C_{fin,j}(t) \cdot t_j$, $F_{out,j}(t) = P_{f,j}(t) \cdot C_{fout,j}(t) \cdot t_j$, $F_{w,j}(t) = W_{f,j}(t)$, для $BP_j(t) \in BP$. И пусть $F_j(t) = F_{in,j}(t) \cdot F_{out,j}(t) \cdot F_{w,j}(t)$, $j = 1, 2, \dots, N$. Тогда множество $F_{BP}(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \dots \cdot F_N(t)$ характеризует потоки бизнес-процессов из множества BP в целом. Аналогичным образом можно определить потоки для структурированных бизнес-процессов [1] BP_s , т. е. $F_{BP_s}(t)$, $F_{BP_s}^{\Delta}(t)$ и $F_{BP_s}^0(t)$ соответственно. Очевидно, если $F_{in,b}(t)$ и $F_{out,e}(t)$ – это входной и выходной потоки, например бизнес-процесса BP_s (более точно – $BP_s(t)$), то можно представить BP_s как отображение $BP_s : F_{in,b}(t) \rightarrow F_{out,e}(t)$. Обозначим множество допустимых значений для потоков через $F_j^{\Delta}(t)$, $j = 1, 2, \dots, N$, для $F_j(t)$; $F_{BP}^{\Delta}(t)$, $j = 1, 2, \dots, N$, для $F_{BP}(t)$ и т. д., а через $F_j^0(t)$, $F_{BP}^0(t)$ – соответствующие множества желаемых значений потоков. Для анализа эффективности функционирования экономической системы (ЭС) и выявления лучших показателей требуется ввести в рассмотрение совокупность показателей, каждый из которых характеризует функционирование ЭС с той или иной точки зрения (и принадлежит к некоторым классам критериев эффективности). Обозначим показатели соответствующих критериев эффективности как $Q_1, Q_2, \dots, Q_M$. Оценивать значения показателей ЭС будем через их оценивание для модели ЭС в виде ее бизнес-процессов. Прежде чем оценить значения показателей для каждого бизнес-процесса $BP_j(t)$, $j = 1, 2, \dots, N$, необходимо привести потоки этого процесса к виду, соответствующему тому или иному показателю. Так, например, для расчета показателей NPV, NFV, IRR и некоторых других необходимо пересчитать потоки бизнес-процесса $BP_j(t)$ следующим образом:

1) входные потоки $R_{f,j}(t)$, $C_{fin,j}(t)$ и поток работ $W_{f,j}(t)$ следует пересчитать в обобщенный входной денежный (финансовый) поток бизнес-процесса $S_j(t)$;

2) выходные потоки $P_{f,j}(t)$, $C_{fout,j}(t)$ необходимо пересчитать в обобщенный выходной денежный (финансовый) поток этого бизнес-процесса $P_j(t)$.

После этого, зная точку приведения (пересчета) денежных потоков $S_j(t)$ и $P_j(t)$ бизнес-процесса $BP_j(t)$, $j = 1, 2, \dots, N$, находим значения показателей по соответствующим

щим формулам или алгоритмам. Продемонстрируем на примере методику оценивания эффективности функционирования портфеля относительно показателей $\bar{Q} = (Q_1, Q_2)^T$, $Q_1 = \text{NFV}_{(l)}$, $Q_2 = \text{IRR}_{\text{NFV}_{(l)}}$. В этом случае параметрическое множество будет иметь вид $\pi = \{r_0, r_1\}$, где r_0 – ставка внешнего использования выходных финансовых потоков параметризованного процесса $\widehat{\text{BP}}_7^{\pi, \bar{Q}}$, а r_1 – ставка заимствования для входных финансовых потоков процесса $\widehat{\text{BP}}_1^{\pi, \bar{Q}}$. Кроме этого, обозначим через $C_{\text{fin}} = C_{\text{fin},1} = \{S(t_0), S(t_1), \dots, S(t_m)\}$ – входной финансовый поток бизнес-процесса BP_s и $C_{\text{fout}} = C_{\text{fout},7} = \{P(t_0), P(t_1), \dots, P(t_m)\}$ – выходной финансовый поток BP_s , t_0 и $t_m = t_0 + T$ – время начала и окончания реализации бизнес-процесса BP_s соответственно.

Тогда показатели Q_1 и Q_2 для бизнес-процесса $\widehat{\text{BP}}_s$ можно оценить в соответствии со следующими формулами:

$$Q_1 = \text{NFV}_{(l)} = \sum_{i=0}^m P(t_i)(1+r_0)^{t_m-t_i} - \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r_1)^{t_m-t_i}, \quad (1)$$

$$Q_2 = \text{IRR}_{\text{NFV}_{(l)}} = \left\{ r \left| \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r)^{t_m-t_i} \right. \right\} = \text{NFV}_{(l)}. \quad (2)$$

Заметим, что в расчетных формулах для показателей Q_1 и Q_2 предполагается, что ставки r_0 и r_1 приведены к единице времени, а расчет по заемным средствам C_{fin} происходит в момент времени t_m (в конце жизненного цикла бизнес-процесса BP_s). Рассмотрим более подробно расчетные формулы и методики оценивания показателей эффективности ЭС с использованием идеи компандирования финансовых потоков (на базе NFV-подходов).

Схема 1. Предположим, что в портфель бизнес-процессов вкладываются только (исключительно) заемные средства и ставка заемного процента равна r_l . Заработанные средства используются вне портфеля со ставкой r_0 . Внутренних перетоков финансовых потоков в портфеле не существует. Тогда прибыль, полученную по окончании работы с экономическим объектом, можно подсчитать по формуле

$$\text{Profit}_{(l)} = \text{NFV}_{(l)} = \sum_{i=0}^m P(t_i)(1+r_0)^{t_m-t_i} - \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r_l)^{t_m-t_i}.$$

Сделаем пояснение к этой формуле. Первая сумма равна общему количеству средств, заработанных ЭС за время от момента времени t_0 до момента времени t_m , если все средства выходного потока портфеля «используются в деле» со ставкой доходности (с доходностью) r_0 (или $r_0 \cdot 100\%$ в единицу времени). Вторая сумма соответствует долгам, накопленным за время функционирования экономического объекта с учетом того, что эти средства занимают по ставке r_l (или $r_l \cdot 100\%$) в единицу времени. При условии, что все долги возвращаются в момент времени t_m , формула для $\text{Profit}_{(l)}$ показывает, какая часть заработанных средств останется после того, как

будут возвращены все долги из общего объема средств, вырученных за время $(t_m - t_0)$ функционирования экономической системы. Можно заметить, что в данном случае вся прибыль портфеля в количестве $\text{Profit}_{(l)}$ получена исключительно за счет финансовых потоков внешних бизнес-процессов и при этом собственные финансовые средства не расходовались. Для оценивания доходности использования заемных средств экономической системой ($\text{Profitability}_{(l)} = \text{Profit}_{(l)}$) в соответствии с этой схемой можно воспользоваться следующей формулой:

$$\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow P)} = \text{IRR}_{\text{NFV}_{(l)}} = \left\{ r \left| \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r)^{t_m-t_i} = \sum_{i=0}^m P(t_i)(1+r_0)^{t_m-t_i} \right. \right\}.$$

Найденная в соответствии с этой формулой (как решение или корень уравнения относительно ставки r) ставка будет равна доходности портфеля, и она будет показывать, на какой процент ($\text{Profit}_{(l)} \cdot 100\%$) в среднем за все время функционирования экономической системы $(t_m - t_0)$ наращивается входной финансовый поток в единицу времени. Если необходимо найти влияние входного финансового потока на прибыль, полученную экономической системой, то это можно сделать с использованием следующей формулы:

$$\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow \text{Profit})} = \left\{ r \left| \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r)^{t_m-t_i} = \text{Profit}_{(l)} \right. \right\}.$$

Это значение доходности показывает, с какой ставкой в среднем происходило наращивание входного финансового потока в прибыль.

Схема 2. Рассмотрим ситуацию, когда выходной финансовый поток бизнес-процесса покрывает (компенсирует) полностью (или частично) средства входного потока. Тем самым, например средства выходного потока можно направить на покрытие долгов (по займам) еще до окончания функционирования бизнес-процесса, или на то, чтобы обойтись собственными средствами и не производить заимствований. Если обозначить новые потоки бизнес-процесса, полученные после применения операции внутренних перетоков через $C'_{\text{fin}} = \{S'(t_0), S'(t_1), \dots, S'(t_m)\}$ и $C'_{\text{fout}} = \{P'(t_0), P'(t_1), \dots, P'(t_m)\}$, тогда можно записать формулы для дохода и доходности, аналогичные рассмотренным выше, но в терминах множеств $C'_{(\text{fin})}$ и $C'_{(\text{fout})}$. Для этого в этих формулах следует заменить $S(t_i)$ на $S'(t_i)$, а $P(t_i)$ на $P'(t_i)$. Очевидно, что после применения операции внутренних перетоков в общем случае новые потоки $C'_{(\text{fin})}$ и $C'_{(\text{fout})}$ будут более «слабыми». Следует также учитывать, что операция перераспределения потоков может принести некоторый дополнительный доход (и доходность), который (которую) следует учесть в расчетных формулах [2]. Поскольку операцию внутренних финансовых перетоков бизнес-процесса можно осуществлять многими способами, то у схемы 2 может быть множество соответствующих этим способам модификаций.

Схема 3. Пусть входной финансовый поток формируется только за счет собственных средств бизнес-процесса. Это возможно, например потому, что элементы

входного потока на начальном этапе функционирования экономического объекта покрываются за счет выходных потоков других бизнес-процессов, а затем – за счет внутренних перетоков этого бизнес-процесса. При таких предположениях, по всей видимости, нельзя оценить абсолютные значения прибыли, полученные бизнес-процессом, а только относительные, например по формуле

$$\text{Profit}_{(vl)} = \sum_{i=0}^m P(t_i)(1+r_0)^{t_m-t_i} - \sum_{i=0}^m S(t_i)(1+r_c)^{t_m-t_i},$$

где r_c – ставка инструмента (бизнес-процесса), относительно которого и происходит оценивание прибыли. В качестве ставки r_c может выступать ставка r_p , депозитные банковские ставки (r_b) и т. д. В то же время доходность функционирования экономической системы для этой схемы можно найти по формуле для доходности $\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow P)}$ (см. выше), в которую не входит ставка r_c . Таким образом, доходность зависит от входного финансового потока и не зависит от источника его происхождения, т. е. от того, является ли он входным потоком собственного (внутреннего) или внешнего бизнес-процесса. Как и следовало ожидать, доход зависит от источника, породившего входной финансовый поток бизнес-процесса, а доходность характеризует, насколько успешно (или неуспешно) функционирует конкретный бизнес-процесс и при этом неважно, каков источник входного финансового потока этого бизнес-процесса.

Предположим, что портфель бизнес-процессов (или его частные бизнес-процессы) имеет (или имеют) несколько входных финансовых потоков от различных источников (например, смежных внутренних или внешних бизнес-процессов). Задача состоит в том, чтобы оценить показатели эффективности использования этих частных финансовых потоков в рамках одного портфеля (или бизнес-процесса). Такая задача может возникать каждый раз, когда необходимо оценить эффективность частных потоков, связанных, например, с отдельными товарными группами торгового предприятия, с отдельными видами продукции многономенклатурного производственного предприятия, со многими видами проектов в рамках одного инвестиционного проекта и т. д. Можно было бы предположить, что задача решается достаточно просто, однако асинхронность и сдвиги во времени входных и выходных финансовых потоков (что очень часто встречается на практике) заставляют более осторожно подходить к решению такой задачи. Рассмотрим подходы к решению этой задачи по мере усложнения ситуации с потоками портфеля.

Ситуация 1. Пусть входные и выходные потоки портфеля имеют цикличность во времени (рис. 1). На этом рисунке показаны два полных цикла для двух входных ($S^{(1)}(t)$ и $S^{(2)}(t)$) и одного выходного ($P(t)$) финансовых потоков портфеля. Обозначим входные и выходные потоки, соответствующие разным циклам, через $S^{(1,1)}(t)$, $S^{(2,1)}(t)$ и $P^{(1)}(t)$ (для потоков первого цикла), а также $S^{(1,2)}(t)$, $S^{(2,2)}(t)$ и $P^{(2)}(t)$ (для потоков второго цикла).

Тогда расчетные формулы для прибыли (дохода) и доходности каждого из входных финансовых потоков можно оценить по формулам, аналогичным применявшим-

ся для расчета $\text{Profit}_{(l)}$ и $\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow P)}$ и рассмотренным выше, с небольшими изменениями в них:

$$\text{Profit}_{(l)}^{(k)} = \sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} - \left[\sum_{i=0}^{m_k} S^{(1,k)}(t_i^{(k)})(1+r_i^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} + \dots + \sum_{i=0}^{m_k} S^{(C_k,k)}(t_i^{(k)})(1+r_i^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right],$$

где C_k – количество входных потоков $C_{\text{fin}}^{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, C_k$ для k -го цикла, и

$$\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow P)(k)} = \left\{ r \left| \sum_{n=1}^{C_k} \sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r)^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right. \right\} = \left\{ \sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right\},$$

где n – номер входного финансового потока $C_{\text{fin}}^{(n)}$; k – номер цикла, для которого оценивается доходность. Эти показатели можно дополнить другими, например, такими как индекс рентабельности (PI) k -го цикла n -го входного финансового потока, доля выручки n -го входного потока в общей выручке k -го цикла и т. д. Например, индексы рентабельности могут быть найдены по формулам

$$\begin{aligned} \text{PI}_{(l)}^{(S \rightarrow P)(k)} &= \\ &= \text{Profit}_{(l)}^{(k)} / \left(\sum_{n=1}^{C_k} \sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r_i^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right); \\ \text{PI}_{(l)}^{(S \rightarrow P)(k,n)} &= \\ &= \text{Profit}_{(l)}^{(k)} / \left(\sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+r_i^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right), \end{aligned}$$

а доля оценена в соответствии с отношением

$$\begin{aligned} \text{PGain}_{(l)}^{(S \rightarrow P)(k,n)} &= \\ &= \left(\sum_{i=0}^{m_k} P^{(k)}(t_i^{(k)})(1+r_0^{(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right) / \\ &/ \left(\sum_{i=0}^{m_k} S^{(n,k)}(t_i^{(k)})(1+\text{Profit}_{(l)}^{(S \rightarrow P)(k)})^{t_m^{(k)}-t_i^{(k)}} \right). \end{aligned}$$

Как и в формулах выше, здесь k – номер цикла, $k = 1, 2, \dots$; n – номер входного потока $C_{\text{fin}}^{(n)}$, $i = 1, 2, \dots, C_k$ для k -го цикла.

Перейдем к рассмотрению экономических систем, которые включают в себя как несколько источников финансирования (входных потоков), так и несколько источников доходов (выходных потоков). Как и выше, рассмотрим сначала случай, когда в системах потоки имеют цикличность (рис. 2).

Решение задачи оценивания эффективности работы экономической системы в этом случае можно свести к задаче с одним источником доходов, если удастся закрепить источники финансирования с источниками доходов. Это можно сделать, например, воспользовавшись матрицей связей входных и выходных потоков вида:

$$P^{(1)}(t) \quad P^{(2)}(t) \quad \dots \quad P^{(U_k)}(t)$$

$$SP^{(k)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S^{(1)}(t) \\ S^{(2)}(t) \\ \vdots \\ S^{(C_k)}(t) \end{pmatrix}$$

Здесь матрица $SP^{(k)}$ соответствует связям потоков k -го цикла и, если $SP^{(k)}(i, j) = 1$, то входной поток $S^{(i)}(t)$ влияет на выходной поток $P^{(j)}(t)$, а если этот элемент равен нулю, то такое влияние отсутствует. Так, например, для матрицы $SP^{(k)}$, рассмотренной выше, поток $S^{(1)}(t)$ оказывает влияние на поток $P^{(1)}(t)$, $S^{(2)}(t)$ – на $P^{(2)}(t)$ и т. д. Анализ эффективности системы можно будет проводить, если в каждой строке матрицы $SP^{(k)}$ будет в точности по одной единице. В примере для матрицы $SP^{(k)}$ входной поток $S^{(1)}(t)$ влияет по крайней мере на два выходных потока. В этом случае следует разбить поток $S^{(1)}(t)$ на части (подпотоки) так, чтобы в новой матрице связей $SP^{(k)}$ в строках, соответствующих этим частям, было бы в точности по одной единице. Как только это требование будет выполнено для всех источников финансирования, так тут же задача разобьется на U_k (U_k – количество выходных потоков k -го цикла) задач, рассмотренных выше. Каждая из таких задач решается независимо от других. Эти задачи соответствуют, например, отдельным ассортиментам товаров, видам услуг, производственным заказам, видам финансовых инструментов и т. д. А анализ эффективности позволит получить представление о «состоянии дел» внутри каждой из групп. Можно провести и межгрупповой анализ, определив тем самым группы-лидеры, плохо функционирующие (проблемные) группы и т. д. Такой анализ – это еще один подход (наряду с другими видами анализов ЭС, например, факторным анализом) к обнаружению в экономической системе «узких мест», к выявлению бизнес-процессов, которые сдерживают развитие системы, а, значит, и к принятию

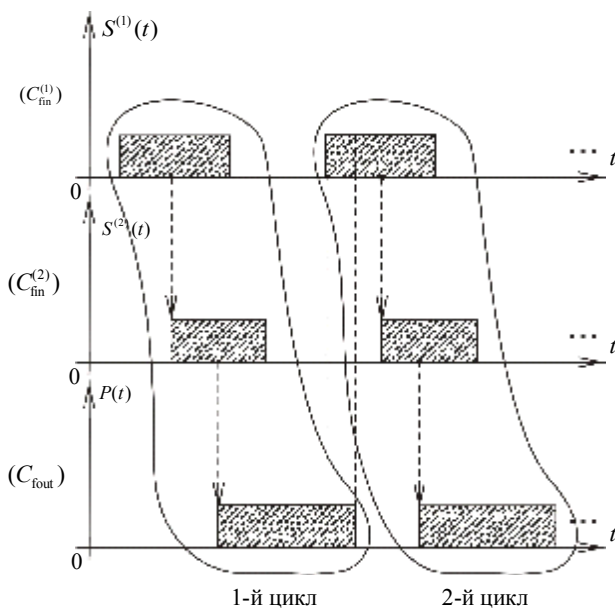


Рис. 1. Циклические во времени потоки

действий, направленных на маневрирование (адаптацию) системы.

Ситуация 2. Рассмотрим случай ациклических потоков портфеля (рис. 3).

Здесь все потоки необходимо разбить на непересекающиеся потоки так, чтобы получившиеся в результате разбиения множества $S^{(i,j)}(t)$ и $P^{(j)}(t)$, где $i = 1, 2, \dots, C_j$; $j = 1, 2, \dots, C_j$ – количество входных потоков j -го разбиения, удовлетворяли бы условиям минимальной инцидентности: 1) подпотоки $\{S^{(i,j)}(t)\}$, $i = 1, 2, \dots, C_j$ являются влияющими (формирующими) только исключительно для потока $P^{(j)}(t)$; 2) никакие подмножества множеств $\{S^{(i,j)}(t)\}$, $i = 1, 2, \dots, C_j$, не удовлетворяют условию 1 для подпотоков потока $P^{(j)}(t)$.

Рассмотрим показанные на рис. 3 входные потоки, минимально инцидентные трем выходным потокам $P^{(1)}(t)$, $P^{(2)}(t)$ и $P^{(3)}(t)$. Можно заключить, что $\{S^{(1,1)}(t), S^{(2,1)}(t)\} \leftrightarrow P^{(1)}(t)$, $\{S^{(1,2)}(t), S^{(2,2)}(t)\} \leftrightarrow P^{(2)}(t)$ и $\{S^{(1,3)}(t), S^{(2,3)}(t)\} \leftrightarrow P^{(3)}(t)$, где $\leftrightarrow$ означает отношение инцидентности входных и выходных потоков. В общем случае это отношение может быть записано в следующем виде:

$$\text{In}^{(j)} : \{S^{(1,j)}(t), S^{(2,j)}(t), \dots, S^{(C_j,j)}(t)\} \leftrightarrow P^{(j)}(t),$$

$$\text{где } j = 1, 2, \dots \quad (3)$$

Заметим, что определенное выше условие (и отношение) минимальной инцидентности можно было бы (отказавшись от выполнения условия 2) ослабить до условия (отношения) простой инцидентности. Очевидно, над инцидентными потоками можно проводить операции их объединения, которые не будут нарушать свойства инцидентности (но не минимальной инцидентности!). Следует заметить также, что количество инцидентностей вида (3) заранее может быть неизвестно, так что в этом отношении для индекса j не фиксируется верхняя граница. Если все потоки удалось свести (преобразовать) к инцидентностям $\text{In}^{(j)}$, $j = 1, 2, \dots$, то задача оценивания эффектив-

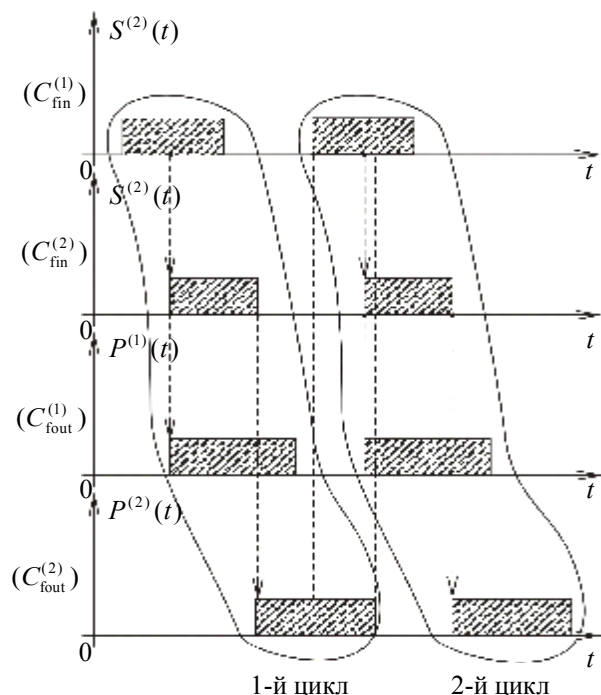


Рис. 2. Цикличность входных и выходных потоков

ности ЭС сведется к оцениванию показателей $\bar{Q}$ для каждой из инцидентностей (точнее, для потоков, вошедших в эти инцидентности) в соответствии с расчетными формулами, рассмотренными выше для циклических потоков. Отметим еще раз тот факт, что левые и правые части в разных инцидентностях вида (3) не имеют общих элементов. Условно это можно записать следующим образом: $\text{In}^{(i)} \cap \text{In}^{(j)} = \emptyset$, если $i \neq j$.

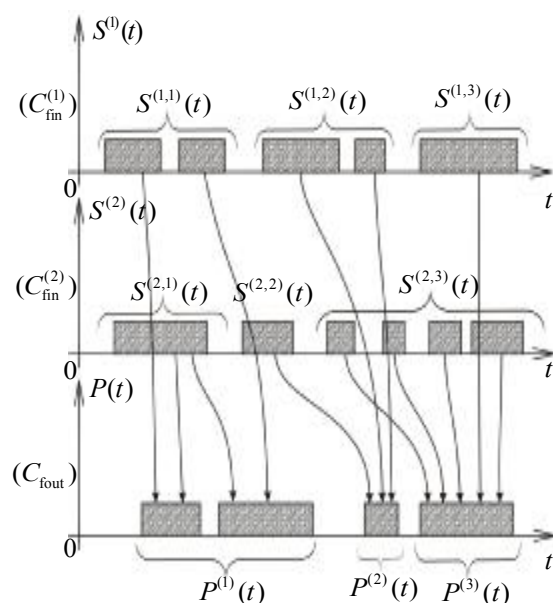


Рис. 3. Ациклические потоки портфеля

Заметим, что если выходных финансовых потоков (также как и входных) несколько, то построив инцидентность вида $\text{In}^{(k,j)} : \{S^{(1,j)}(t), S^{(2,j)}(t), \dots, S^{(C_{j,j})}(t)\} \leftrightarrow P^{(k,j)}(t)$, где $k = 1, 2, \dots, U_j$; $j = 1, 2, \dots$, можно приступить к оцени-

ванию показателей $\bar{Q}$ для каждой из них отдельно и для некоторых множеств (совокупностей) инцидентностей, если необходимо сравнить эффективность различных входных и выходных потоков между собой. Выше $\text{In}^{(k,j)}$ – инцидентность для k -го выходного потока, $k = 1, 2, \dots, U_j$; U_j – количество выходных потоков $P^{(k)}(t)$, $k = 1, 2, \dots, U_j$; j – номер инцидентности для k -го выходного потока. Думается, что не должно происходить путаницы (и связанных с ней неопределенностей) в обозначениях выходных потоков вида $P^{(k,j)}(t)$ и $P^{(k)}(t)$ для случаев с одним и многими выходными потоками. Так, если выходной поток один $P(t)$, то $P^{(k)}(t)$ – это его части, отнесенные к различным инцидентностям, а если выходных потоков несколько $\{P^{(k)}(t)\}$, то $P^{(k,j)}(t)$ – это часть k -го выходного потока $P^{(k)}(t)$, отнесенная к j -ой инцидентности [3].

Таким образом, рассмотренные в работе методы анализа эффективностей частных финансовых потоков бизнес-процессов позволяют разбить общий эффект на составляющие, соотнесенные с каждым из источников финансирования и провести ранжирование каждого из них. Кроме того, можно оценить реальный эффект от вложений и сравнить его с рекомендуемым или предлагаемым.

Библиографический список

1. Наумов, А. А. Бизнес-процессы. Синтез, анализ, моделирование и оптимизация / А. А. Наумов, С. А. Бах. Новосибирск : Офсет, 2007. 307 с.
2. Наумов, А. А. Управление портфельными инвестициями. Модели и алгоритмы / А. А. Наумов, Н. В. Ходусов. Новосибирск : Офсет, 2005. 298 с.
3. Наумов, А. А. Управление экономическими системами. Процессный подход / А. А. Наумов, М. А. Максимов. Новосибирск : Офсет, 2008. 300 с.

А. А. Naumov, Е. Е. Dosuzheva

ESTIMATION OF OPERATION EFFECTIVENESS OF ECONOMIC SYSTEMS WITH MULTI-SOURCES FUNDING

The basic definitions of business processes portfolio and features of economic systems are offered. The methods of evaluating economic features are demonstrated. Approaches to the task solving effectiveness estimation of private financial flows in a single portfolio or business process are considered.

Keywords: business process, portfolio of business processes, effectiveness, effectiveness features, economic system.

© Наумов А. А., Досужева Е. Е., 2009

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА И ФИНАНСОВОЕ ОЗДОРОВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СЫРЬЕВЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ РЕГИОНА

Дана оценка государственной поддержке и финансовому положению предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей региона с экстремальными природно-климатическими условиями. Предложены приоритетные общеэкономические меры, формирующие условия, исключающие накопление не вызываемых деятельностью самих предприятий новых долгов, обеспечивающие восстановление и последующее развитие предприятий.

Ключевые слова: государственная поддержка, финансовое оздоровление, рентабельность, регион.

Необходимость государственной поддержки сырьевых и перерабатывающих отраслей агробизнеса доказана опытом западных стран, в которых сложились разнообразные многоканальные системы этой поддержки. Ее уровень в странах ЕС и Северной Америки многократно выше, чем в России. Но за годы трансформации экономики из аграрной сферы страны было изъято и направлено в другие отрасли около 900 млрд руб. [1]. Ослабление, а по многим направлениям прекращение государственной поддержки привело к тяжелым последствиям для всего народного хозяйства, в том числе и для агропромышленного комплекса страны. Так как реформа проводится по единой схеме, в наиболее сложном положении оказываются регионы с суровыми природными условиями. К таким регионам в полной мере относится Республика Бурятия, являющаяся объектом исследования.

Территория республики находится в зоне рискованного земледелия, ее биоклиматический потенциал составляет 48 баллов при 100 – среднем для России [2]. Суровые природно-климатические условия ограничивают набор выращиваемых культур, требуют увеличенных затрат труда и средств на производство продукции сырьевых отраслей и, как следствие, определяют высокую себестоимость продукции перерабатывающих отраслей. Кроме того, они формируют и особые требования к нормам питания населения и структуре его пищевого рациона. В связи с этим регионам с экстремальными природными условиями необходим более высокий уровень выделения бюджетных субсидий, по сравнению со сложившимся, для прямой поддержки сельхозтоваропроизводителей и жизнеобеспечения населения, проживающего на данной территории.

Не защищенное государственными мерами сельское хозяйство Республики Бурятия превратилось из прибыльной в низкорентабельную, убыточную отрасль экономики. Если в 1991 г. совокупная рентабельность продаж продукции предприятий отрасли составляла 35,5 % и они могли в основной своей массе вести расширенное воспроизводство, погашать кредиты банков, уплачивать налоги, то в 2007 г. рентабельность снизилась до 20,9 % [3, с. 67], что явно недостаточно для финансирования их развития. Предприятия практически не получают долгосрочных кредитов на развитие производства.

Одной из основных причин ухудшения финансового положения сельскохозяйственных предприятий республики является нарушение не в пользу сельского хозяйства соотношения цен на реализуемую сельскохозяй-

ственную продукцию и потребляемые отраслью материально-технические ресурсы. По данным Минсельхозпрода республики, в 2004 г. из сельского хозяйства изъято 630 млн руб. только из-за неблагоприятного ценового соотношения между ресурсами для сельскохозяйственного производства и ценами на его продукцию.

Необходимо отметить, что затраты на содержание одной условной головы скота в 2006 г. составляли у сельскохозяйственного товаропроизводителя республики 10,1 тыс. руб., а сумма выручки от реализации составила 8,7 тыс. руб. Каждая условная голова скота дала убыток в 1,4 тыс. руб. Чтобы обеспечить рентабельное ведение сельскохозяйственного производства, необходимо, по оценкам специалистов Минсельхоза, ежегодно выделять из республиканского бюджета не менее 590 млн руб. бюджетных субсидий.

Сложное финансовое положение вынуждает сельскохозяйственные предприятия приобретать только самую необходимую продукцию. Для того чтобы купить один трактор, хозяйства должны были в 2007 г. произвести и продать 238 т зерна, или 72 т молока, или 12 т мяса. Большинство предприятий приобретает не новую технику, а бывшую в употреблении, а также по бартеру. В структуре приобретаемой продукции преобладают горюче-смазочные материалы, запасные части для машин и оборудования, комбикорма и электроэнергия, на долю которых приходится 88 % всех затрат на покупку промышленной продукции. Цены остаются важнейшим фактором, определяющим финансовые показатели агропромышленного комплекса. Монополизм предприятий, перерабатывающих и реализующих продукцию сельского хозяйства, ограничивает возможности сельскохозяйственных производителей, не позволяет сбывать продукцию по ценам, обеспечивающим рентабельное производство. Из-за большого числа посредников потребительские цены значительно превышают цены на продукцию, реализованную конечному потребителю. Например, по молоку потребительские цены одной тонны в среднем превышают цены реализации на 16,3 тыс. руб.

Объем вложений в основной капитал АПК снизился более чем в 20 раз. В целом, инвестиции в АПК составляют 3,2 % от их объема в экономике Бурятии, а инвестиции в сельское хозяйство – 1,7 %, что свидетельствует о разрушении производственной базы АПК, и в этом заключается одна из причин кризиса в аграрной сфере.

Без государственной поддержки и при сохранении сложившихся условий перспектив не только для разви-

тия, но и восстановления сельского хозяйства нет. Финансовое положение предприятий основных перерабатывающих отраслей также неустойчиво (табл. 1)

В настоящее время Бурятия финансирует АПК за счет средств федерального и регионального бюджетов. В 1995 г. доля федеральных и республиканских средств в консолидированном бюджете составляла соответственно 53 и 47 %, в 2002 г. – 25 и 75 %. И только в 2005 г. в связи с субсидиями на возмещение убытков от чрезвычайных ситуаций – 59 и 41 %.

Из республиканского бюджета сельскому хозяйству выделялись незначительные средства (табл. 2). Так, в 2007 г. было выделено 572,4 млн. руб., что составляет 2,4 % к общей сумме расходов (по данным статистического сборника «Бурятия в цифрах». Улан-Удэ, 2008. С. 106).

С 2000 г., как показывают расчеты, сделанные авторами на основании данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Бурятии, Бурятстата и Министерства финансов Бурятии, началось увеличение объема государственной поддержки сельского хозяйства (табл. 3), хотя отношение расходов консолидированного бюджета к валовой продукции сельского хозяйства остается низким (в 2007 г. – 4,7 %).

Расходы консолидированного бюджета в отношении к валовой продукции сельского хозяйства составили с 1995 г. по 2007 г. 4,6...4,7 %. Для сравнения отметим, что в Канаде и Австрии уровень государственной поддержки аграрной сферы составляет 35...44 % стоимости продукции, в США – от 27 до 40 %, в Японии – 72 %, Швейцарии – 76 % [4].

Общий размер кредиторской задолженности предприятий аграрной сферы к концу 2007 г. достиг 1 114,2 млн руб. и превысил в 1,7 раза годовую выручку от реализации продукции и услуг. В 1990–1991 гг. у предприятий республики просроченных долгов практически не было. Общая сумма указанных долгов и является объектом реструктуризации. Просроченная и отсроченная задолженность образовалась у сельскохозяйственных предприятий главным образом по не зависящим от них причинам, и прежде всего, в результате нарушения паритета цен. Она

является безнадежной к погашению. По существу, единственными реальными источниками средств для большинства хозяйств могут быть прибыли и взыскание просроченной дебиторской задолженности. Таким образом, финансовое положение сельскохозяйственных предприятий, главным образом, определяется их экономическими отношениями с государством.

С помощью анализа долговой нагрузки и перспектив ее погашения в республике выявлено пять основных групп хозяйств аграрной сферы. В первую группу входит восемь предприятий, обеспечивающих своевременные расчеты. Доля их составляет 3,2 %. Остальные хозяйства в той или иной мере нуждаются в проведении реструктуризации долгов.

Огромная задолженность сельскохозяйственных предприятий перед государственными внебюджетными фондами стала результатом предоставления налоговым органам чрезмерных по отношению к сельхозпредприятиям полномочий и чрезмерно жестких, вне связи с реальной выдачей заработной платы, условий начисления платежей во внебюджетные фонды и пеней за их просрочку. В итоге доля пеней и штрафов в просроченной задолженности сельхозпредприятий перед внебюджетными фондами на начало 2008 г., согласно расчетам авторов на основании данных Министерства сельского хозяйства и продовольствия Бурятии, составила 38,5 %, по АПК в целом – 39,5 % (табл. 4). Существенным шагом в направлении их финансового оздоровления стало установленное ст. 20 Федерального закона «О финансовом оздоровлении сельскохозяйственных товаропроизводителей» (2002 г.) полное списание сумм пеней и штрафов по платежам в пенсионный и другие государственные внебюджетные фонды. Сумма отсроченной задолженности по АПК в целом на 01.01.2009 г. составила 368,9 млн руб., в том числе по сельскому хозяйству – 93,0 млн руб., а списание пени и штрафов – 138,4 млн. руб., в том числе по сельскому хозяйству – 47,3 млн руб.

Повышение уровня продовольственного обеспечения требует продолжить проведение неотложных меро-

Таблица 1

Финансовое состояние мясной и молочной отраслей в 2008 г.

Отрасль	Дебиторская задолженность, тыс. руб.	Кредиторская задолженность, тыс. руб.	В том числе		Финансовый результат, тыс. руб.		
			Бюджет	Государственные внебюджетные фонды	Прибыль	Убыток	По отраслям (убыток)
Мясная	467 571	702 572	8 361	56	21 779	–	21 779
Молочная	24 676	33 445	2 084	1 554	1 748	331	1 417
Всего	492 247	736 017	10 445	1 610	23 527	331	23 196

Таблица 2

Расходы консолидированного бюджета на сельское хозяйство, млн руб.

Показатели	1990 г.	2000 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Расходная часть бюджета, всего	29 000,0	5 440,1	12 722,7	14 165,1	15 836,2	17 357	23 748
в том числе на сельское хозяйство	1 200,0	226,3	397,0	222,2	302,3	455,9	572,4
к общей сумме расходов, %	4,1	4,2	3,1	3,1	1,9	2,6	2,4

приятный по финансовому оздоровлению отрасли. Необходимо, во-первых, обеспечить восстановление текущей платежеспособности хозяйств на основе реструктуризации просроченной и отсроченной кредиторской задолженности, во-вторых, создать необходимые макроэкономические (ценовые и внеценовые) условия, исключающие новое накопление долгов.

Осуществляемые в настоящее время государственные меры, направленные на повышение доходов населения, – необходимость. Отсюда, удовлетворение повышающегося платежеспособного спроса населения в предстоящие годы и обеспечение продовольственной независимости страны требуют соответствующего увеличения производства продуктов питания, и как следствие – восстановления и развития отечественного сельскохозяйственного производства. В первую очередь это относится к коллективным предприятиям. Все вышеизложенное диктует необходимость кардинального финансового оздоровления сельскохозяйственных предприятий.

Но за счет отсрочки платежей эту проблему не разрешить, поскольку в настоящее время у большинства сельхозпредприятий республики нет источников накопления средств для погашения отсроченных платежей. Кроме того, отсрочка предполагает перенос платежей на последующие годы, увеличивает нагрузку на будущие доходы, что сокращает финансовые ресурсы для развития производства. Поэтому задолженность, образовавшаяся по причинам, не зависящим от деятельности сельскохозяйственных организаций, экономически целесообразно списать. Но финансовое оздоровление предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей предусматривает не только проведение реструктуризации задолженности.

Политика поддержки хозяйств со стороны государственных органов должна опираться на их активное участие в разработке конкретных проектов финансового оздоровления, восстановления и модернизации производства. В этих условиях главным в управлении АПК должно стать не разверстывание бюджетных средств по хозяйствующим субъектам, а участие в разработке таких проектов, их реализации при соответствующей поддержке бюджетными средствами.

Состояние предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей в значительной степени определяется действиями федерального правительства. Необходимо усиление регулирующей роли государства в сдерживании роста цен на нефтепродукты, топливо, электроэнергию, минеральные удобрения, средства защиты растений и животных, транспортных тарифов. Для ослабления разрушительного действия диспаритета цен необходимо законодательно решить вопрос о компенсации товаропроизводителям затрат, вызванных необоснованным ростом цен на промышленные ресурсы. Это обеспечит поддержание покупательной способности товаропроизводителей АПК при приобретении ресурсов промышленного происхождения.

Повышение рентабельности предприятий сырьевых отраслей возможно за счет следующих мер:

а) государственной поддержки страхования урожая сельхозкультур и расширения этой поддержки, увеличения ассигнований из бюджета на эти цели. Государственная поддержка страхования относится к «зеленой корзине» мер, предусмотренных требованиями Всемирной торговой организации;

б) передачи объектов жилищно-коммунального хозяйства, расположенных на территории сельскохозяйствен-

Таблица 3

Государственная поддержка сельского хозяйства, млн руб.

Показатели	1995 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Валовая продукция сельского хозяйства в действующих ценах	1 344,5	8 436,6	6 473,1	8 815,0	8 276,5	9 103,0	10 430,5	12 190
Выручка от реализации	252,9	570,0	522,0	611,1	510,1	575,2	852,2	998,6
Себестоимость продукции	320,4	599,5	560,0	671,6	570,2	612,0	759,6	836,3
Расходы консолидированного бюджета на развитие сельского хозяйства	61,5	230,2	297,9	397,0	222,2	302,3	455,9	572,4
Расходы консолидированного бюджета, % к валовой продукции сельского хозяйства	4,6	2,7	4,6	4,5	2,7	3,3	4,4	4,7
выручке от реализации	24,3	40,4	57,1	64,9	43,6	52,5	53,5	57,3
себестоимости продукции	19,2	38,4	53,2	59,1	38,9	49,4	60,0	68,4

Таблица 4

Задолженность по платежам (в том числе пени и штрафы) в государственные внебюджетные фонды на 01.01.2009 г.

Фонды	По АПК в целом			в том числе по сельскому хозяйству		
	всего, млн руб.	в том числе пени и штрафы	в % к долгу	всего, млн руб.	в том числе пени и штрафы	в % к долгу
Пенсионный	48 120	18 286	38	41 507	15 289	36,8
ФСС	2 831	560	20	2 411	444	18,4
ФОМС	5 259	3 520	67	4 498	2 890	64,3
Всего	56 612	22 366	39,5	48 416	18 623	38,5

ных предприятий, на баланс местных администраций. Реализация этой меры увеличит чистую прибыль сельхозорганизаций;

в) преодоления сложившегося ценового диспаритета, поддержания соотношений цен на продукты сельского хозяйства и продукцию других отраслей экономики на уровне, обеспечивающем предприятиям сырьевых отраслей возможность расширенного воспроизводства и роста объемов продукции.

При определении размеров ценовой поддержки и финансовых ресурсов государства должны учитываться дополнительные внутренние финансовые ресурсы хозяйств за счет реализации мероприятий по увеличению объемов производства и снижения производственных затрат в расчете на единицу продукции. В каждом хозяйстве должен быть разработан комплекс мероприятий экономического и финансового характера, выполнение которых позволит улучшить показатели производственно-хозяйственной деятельности, повысить конкурентоспособность и эффективность производства. Должна быть продолжена работа по кооперированию предприятий аграрной сферы с предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности.

Реализация предлагаемых авторами основных направлений господдержки и финансового оздоровления предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей окажет позитивное влияние на формирование в них условий для расширенного воспроизводства. В то же время проведение перечисленных выше мероприятий потребует от государства вторичного перераспределения национального дохода в пользу сельского хозяйства, возвращение отрасли ранее изъятых у нее (через диспаритет цен и другие каналы) средств. Однако эффективность мер будет во многом зависеть от формиро-

вания и проведения единой бюджетной политики. В настоящее время лишь меньшая часть средств поддержки регулируется на федеральном уровне, а подавляющая – на уровне регионов. Единство действий Федерации и регионов в проведении основных мер поддержки и финансового оздоровления в сложившихся условиях является необходимым.

Научная новизна данного исследования заключается в системном и комплексном подходе к оценке и разработке приоритетных общеэкономических мер по государственной поддержке и финансовому оздоровлению предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей Республики Бурятия. Предлагаемые автором меры могут быть использованы администрациями регионов, расположенных в зоне с экстремальными природными условиями, а также исследователями научных учреждений и высших учебных заведений.

Библиографический список

1. Кашин, В. И. Продовольственная безопасность. История и современность [Электронный ресурс] / В. И. Кашин // Академия Тринитаризма. Электрон. дан. 08.02.2006. Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0230/002a/0200006.htm>. Загл. с экрана.
2. Система ведения агропромышленного производства Республики Бурятия на 1996–2000 гг. Рекомендации / Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. отд.-ние; Бурятский НИИ сел. хоз-ва. Улан-Удэ, 1996. 248 с.
3. Сельское хозяйство Республики Бурятия: стат. сб. № 10-07-19. Улан-Удэ: Бурятстат, 2008. 157 с.
4. Холод, Л. И. Политика цен, торговли и государственной поддержки АПК / Л. И. Холод // Экономика сел. хоз-ва. 1995. № 1. С. 4–8.

T. V. Polozova, I. A. Kolesnyak

STATE SUPPORT AND FINANCIAL IMPROVEMENT OF RAW MATERIAL AND PROCESS BRANCHES OF REGION ENTERPRISES

The estimation of the state support and financial position of the enterprises of the raw and processing branches of region in harsh nature conditions is given. The priority general economical measures forming conditions, excluding accumulation of the enterprises of the new debts not caused by their activity, providing restoration and their subsequent development are offered.

Keywords: state support, financial improvement, profitability, region.

© Полозова Т. В., Колесняк И. А., 2009

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМАТИВА БЮДЖЕТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НОРМАТИВНОГО И НОРМИРОВАННОГО РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Предлагается к рассмотрению, по актуальному в данное время вопросу нормативного финансирования, методика расчета норматива бюджетного финансирования на основе нормированного и нормативного подхода на примере отдельно взятого государственного бюджетного учреждения профессионального образования.

Ключевые слова: норматив бюджетного финансирования, норма и нормативы обеспечения.

В основу нормированного и нормативного подхода положен принцип соответствия элементов образовательного процесса и их инновационного содержания существующим и необходимым ресурсам, без которых достижение планируемых результатов освоения основных образовательных программ в профессиональном образовании невозможно.

В соответствии с данным подходом выбор всех видов ресурсов направлен, прежде всего, на эффективную реализацию как традиционных, так и новых требований к элементам государственных образовательных стандартов, включая цели и задачи, содержание и деятельность в его разнообразных уровнях подготовки.

Использование соответствующих норм и нормативов должно гарантировать планируемый результат. В этой связи рассматриваемый нами подход определяет систему норм и нормативов, направленных на реализацию стандартов нового поколения по видам организационных ресурсов (материально-техническим, финансово-экономическим кадрам, информационно-методическим, человеческим ресурсам и т. д.). Данная классификация требований определяется и реализуется на трех уровнях: на уровне образовательного учреждения, муниципальном и региональном уровнях.

Нам представляется более перспективным подходить к решению задачи с таких позиций: просчитывать удельные показатели затрат на основе утвержденных норм и нормативов, по оптимальному числу составляющих целевых назначений использования средств, а затем на основе полученных данных определять значения норматива бюджетного финансирования в целом.

Нами предлагается методика расчета норматива бюджетного финансирования на основе нормированного и нормативного подхода на примере отдельно взятого государственного бюджетного учреждения профессионального образования.

Норматив бюджетного финансирования учреждения – это суммарная нормативная стоимость затрат на реализацию государственных образовательных стандартов, социальные гарантии, на содержание имущественного комплекса учреждения, прочие расходы и расходы капитального характера на основе утвержденных норм и нормативов в расчете на одного обучающегося (студента, учащегося).

Исходя из принципов расчета общего норматива бюджетного финансирования государственного бюджетного учреждения профессионального образования, в об-

щем виде алгоритм расчета может быть представлен следующей математической формулой:

$$\text{Нобщ} = \sum_{i=1} \text{Нг.с} + \text{Нсоц} + \text{Ни.к.} + \text{Нп.р.} + \text{Нкап.}$$

Обозначения:

Нобщ – общий норматив бюджетного финансирования, необходимого для оказания бюджетных услуг в *i*-учреждении, на основании государственного задания, утвержденного учредителем;

Нг.с – норматив бюджетного финансирования, необходимого для реализации *i*-го государственного образовательного стандарта;

Нсоц – норматив бюджетного финансирования на социальные выплаты (стипендиальный фонд, социальные выплаты сиротам, расходы на дополнительное образование и т. д.);

Ни.к – норматив бюджетного финансирования на содержание имущественного комплекса (зарботная плата административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала, коммунальные услуги, обеспечение материалами административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала, текущий ремонт оборудования, зданий и сооружений и т. д.);

Нп.р – норматив бюджетного финансирования на прочие расходы (повышение квалификации, уплату госпошлин, лицензий, налогов и сборов и т. д.);

Нкап – норматив бюджетного финансирования на капитальные расходы (объем денежных средств на капитальный ремонт зданий и сооружений, приобретение и ремонт оборудования);

i = 1 – индекс, соответствующий бюджетной услуге, входящей в государственное задание.

Составляющие общего норматива бюджетного финансирования рассчитываются следующим образом.

Расчет норматива бюджетного финансирования, необходимого для реализации i-го государственного образовательного стандарта:

$$\text{Нг.с} = (\text{Нз.р} \cdot \text{Крi} \cdot \text{Кн.т} \cdot \text{Ксоц.н} \cdot \text{Qi} + \text{Нм.о} \cdot \text{Q1i}) \cdot \text{Ki} \cdot \text{Ri}. \quad (1)$$

Обозначения:

Нз.р – норматив бюджетного финансирования на фонд заработной платы на *i*-ю бюджетную услугу на одного учащегося по *i*-му государственному образовательному стандарту;

Крi – коэффициент районный к заработной плате и процентная надбавка к заработной плате (30 % + 30 % = 60 %, или 1,6);

Кн.т – коэффициент увеличения тарифного фонда на величину доплат и надбавок (не может превышать 25 % для бюджетных учреждений = 1,25);

Ксоц.н – коэффициент, учитывающий уплату единого социального налога (26,2 % ЕСН);

Нм.о – норматив на материальное обеспечение i -й бюджетной услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения по обучению i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом);

Q_i, Q_{1i} – расчетные коэффициенты, учитывающие географическое положение учреждений (для г. Красноярска = 1);

K_i – количество потребителей услуги (количество обучающихся);

R_i – повышающий коэффициент, отражающий региональную политику в части формирования сети учреждений профессионального образования (может быть больше или равен 1).

Расчет норматива бюджетного финансирования на фонд заработной платы на i -ю бюджетную услугу на одного учащегося по i -му государственному образовательному стандарту:

$$N_{з.р} = N_{з.р.п} + N^*_{з.р.м}. \quad (1.1)$$

Обозначения:

$N_{з.р.п}$ – норматив бюджетного финансирования на заработную плату преподавателей i -й бюджетной услуги на одного учащегося по i -му государственному образовательному стандарту;

$N^*_{з.р.м}$ – норматив бюджетного финансирования на заработную плату мастеров производственного обучения i -й услуги на одного учащегося по i -му государственному образовательному стандарту.

Расчет норматива бюджетного финансирования на заработную плату преподавателей:

$$N_{з.р.п} = \sum_{i=1} (F/18 \cdot P/25 \cdot 12) \cdot G_i. \quad (1.1.1)$$

Обозначения:

F – количество педагогических часов на группу;

18 (часов) – количество педагогических часов на ставку;

P – ставка заработной платы, соответствующая среднему разряду ЕТС по i -му учреждению преподавателей;

25 – количество учащихся в группе;

12 – количество месяцев в году;

G_i – количество групп по i -й бюджетной услуге по i -му государственному образовательному стандарту;

$i = 1$ – индекс, соответствующий бюджетной услуге, входящей в государственное задание по i -му государственному образовательному стандарту.

Расчет норматива бюджетного финансирования на заработную плату мастеров производственного обучения:

$$N^*_{з.р.м} = \sum_{i=1} (M/25 \cdot K_{с.п} \cdot 12) \cdot G_i. \quad (1.1.2)$$

Обозначения:

M – ставка заработной платы, соответствующая среднему разряду ЕТС по i -му учреждению мастеров производственного обучения;

$K_{с.п}$ – коэффициент сложности специальности/профессии (в зависимости от сложности специальности/профессии коэффициент равен 1 или 2);

25 – количество учащихся в группе;

12 – количество месяцев в году;

G_i – количество групп по i -й бюджетной услуге;

$i = 1$ – индекс, соответствующий бюджетной услуге, входящей в государственное задание по i -му государственному образовательному стандарту.

Расчет норматива на материальное обеспечение i -й бюджетной услуги:

$$N_{м.о} = \sum_{i=1} (N_{м.о.общ} + N_{м.о.теор} + N_{м.о.пр}) \cdot G_i. \quad (1.2)$$

Обозначения:

$N_{м.о.общ}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение общеобразовательных предметов i -й услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения общеобразовательных предметов по обучению i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом);

$N_{м.о.теор}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение теоретической подготовки производственного обучения i -й услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения теоретической подготовки производственного обучения по i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом);

$N_{м.о.пр}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение производственного обучения i -й услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения производственного обучения по i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом);

G_i – количество студентов (учащихся) по i -й бюджетной услуге;

$i = 1$ – индекс, соответствующий бюджетной услуге, входящей в государственное задание по i -му государственному образовательному стандарту.

Расчет норматива бюджетного финансирования на материальное обеспечение общеобразовательных предметов:

$$N_{м.о.общ} = \sum_{i=1} N_{ф.с.общ} / 25. \quad (1.2.1)$$

Обозначения:

$N_{ф.с.общ}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение общеобразовательного предмета i -й услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения общеобразовательного предмета по обучению по i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом).

Расчет норматива бюджетного финансирования на материальное обеспечение теоретической подготовки производственного обучения:

$$N_{м.о.теор} = \sum_{i=1} N_{ф.с.теор} / 25. \quad (1.2.2)$$

* только для учреждений начального и среднего профессионального образования.

Обозначения:

$N_{ф.с.теор}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение теоретической подготовки производственного обучения по одному предмету i -услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения теоретической подготовки производственного обучения по одному предмету по i -й специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом).

Расчет норматива бюджетного финансирования на материальное обеспечение производственного обучения:

$$N_{м.о.пр} = \sum_{i=1} N_{ф.с.пр} / 25. \quad (1.2.3)$$

Обозначения:

$N_{ф.с.пр}$ – норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение производственного обучения по одному предмету i -й услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения производственного обучения по одному предмету по i -специальности/профессии в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом);

25 – количество учащихся в группе.

Расчет норматива бюджетного финансирования на социальные выплаты:

$$N_{соц} = (N_{ст} \cdot K1i) + (N_{соц.в} \cdot K2i) + (N^{**пит} \cdot K3i). \quad (2)$$

Обозначения:

$N_{ст}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для выплаты стипендии на одного студента (учащегося) (устанавливается соответствующим законом);

$N_{соц.в}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для социальных выплат на одного студента (учащегося), попадающего в определенную категорию (устанавливается соответствующим законом);

$N^{**пит}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для обеспечения горячим питанием на одного учащегося (устанавливается соответствующим законом);

$K1i, K2i, K3i$ – количество потребителей услуги.

Расчет норматива бюджетного финансирования на содержание имущественного комплекса:

$$N_{и.к} = N_{з.р.а} + N_{к.р} + N_{мат} + N_{т.р}. \quad (3)$$

Обозначения:

$N_{з.р.а}$ – норматив бюджетного финансирования на заработную плату административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала;

$N_{к.р}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для обеспечения коммунальными услугами здания (-ий) или сооружения (-ий), находящихся на балансе i -го учреждения (расчет производится на основе утверждаемых тарифов на очередной календарный год);

$N_{мат}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для обеспечения материалами административно-хозяйственного персонала для выполнения своих функциональных обязанностей (расходов по каждой группе профессий);

$N_{т.р}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для нормального функционирования имуще-

ственного комплекса, находящегося на балансе i -го учреждения (устанавливается исходя из утвержденных норм эксплуатации оборудования, зданий, сооружений).

Расчет норматива бюджетного финансирования на заработную плату административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала:

$$N_{з.р.а} = A \cdot Q1 + H \cdot Q2. \quad (3.1)$$

Обозначения:

A – ставка заработной платы, соответствующая среднему разряду ЕТС по i -му учреждению административного персонала;

$Q1$ – количество административного персонала, определенное исходя из нормы обеспечения функционирования i -го учреждения на основании утвержденного типового штатного расписания;

H – ставка заработной платы, соответствующая среднему разряду ЕТС по i -му учреждению вспомогательного и обслуживающего персонала;

$Q2$ – количество вспомогательного и обслуживающего персонала, определенное исходя из утвержденных норм обеспечения функционирования i -го учреждения.

Расчет норматива бюджетного финансирования на прочие расходы:

$$N_{п.р} = N_{н.с} + N_{лиц} + N_{ин}. \quad (4)$$

Обозначения:

$N_{п.р}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для уплаты налогов и сборов (определяется исходя из потребности для выполнения государственного задания i -го учреждения на очередной финансовый год);

$N_{лиц}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для получения лицензий, аккредитации учебного заведения и т. д.; определяется исходя из потребности для выполнения государственного задания i -го учреждения на очередной финансовый год на основании утвержденных госрасценок (норм) в соответствии с действующим законодательством;

$N_{ин}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для уплаты иных расходов; определяется исходя из потребности для выполнения государственного задания i -го учреждения на очередной финансовый год.

Расчет норматива бюджетного финансирования на капитальные расходы:

$$N_{кап} = N_{к.р} + N_{об}. \quad (5)$$

Обозначения:

$N_{к.р}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для проведения капитального ремонта зданий, сооружений и оборудования (определяется исходя из норм эксплуатации зданий, сооружений и оборудования для выполнения государственного задания i -го учреждения на очередной финансовый год);

$N_{об}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого для приобретения оборудования для обеспечения учебно-производственного обучения одной группы по i -й бюджетной услуге по i -му государственному образовательному стандарту; определяется исходя из утвер-

** только для учреждений начального профессионального образования.

жденных норм эксплуатации оборудования и (или) для выполнения государственного задания i -го учреждения на очередной финансовый год.

Далее покажем на основе каких нормативов рассчитывается каждая из составляющих общего норматива бюджетного финансирования государственного бюджетного учреждения профессионального образования.

1. $N_{г.с}$ – норматив бюджетного финансирования, необходимого на выполнение i -го государственного образовательного стандарта рассчитывается на основе:

- требований государственных стандартов профессионального образования к квалификационному уровню специальностей и профессий;

- стандартной (базовой) стоимости педагогической услуги в учреждениях профессионального образования, рассчитанной по средневзвешенному разряду ЕТС работников УПО;

- нормативного соотношения тарифного фонда и фонда надбавок и доплат (надтарифного фонда);

- норм регионального законодательства, устанавливающих повышение на 25 % окладов и тарифных ставок специалистам, работающим на селе;

- норм и нормативов расходов на обеспечение учебного процесса (приобретение наглядных пособий, расходных материалов, канцелярских товаров и т. д.).

2. $N_{соц}$ – норматив бюджетного финансирования на социальные выплаты (стипендиальный фонд, социальные выплаты сиротам, питание – для НПО, расходы на дополнительное образование и т. д.) рассчитывается на основе норм обеспечения студентов (учащихся) социальными услугами, установленными нормативно-законодательными актами федеральных, региональных и муниципальных органов власти.

3. $N_{и.к}$ – норматив бюджетного финансирования на содержание имущественного комплекса (зарботная плата административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала, коммунальные услуги, обеспечение материалами административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала, текущий ремонт оборудования, зданий и сооружений и т. д.) рассчитывается на основе:

- расчета фонда оплаты труда административно-управленческого, вспомогательного и обслуживающего персонала, определенного на основе утвержденных типовых штатов исходя из характера и сложности труда в соответствии с тарифно-квалификационными характеристиками и на основании утвержденных норм на обслуживание зданий, сооружений;

- нормативов потребления коммунальных услуг (отопления, снабжения горячей и холодной водой, электроэнергией), утвержденных нормативно-правовыми актами;

- нормативов расходов материалов (моющих средств, электротехнических и сантехнических материалов и т. д.) на содержание имущественного комплекса образовательного учреждения;

- нормативов обеспечения материалами (канцелярскими, расходными материалами для оргтехники и т. д.), для функционирования образовательного учреждения как юридического лица;

- норм эксплуатации зданий, строений, оборудования, утвержденных нормативными актами (техническими регламентами).

4. $N_{п.р}$ – норматив бюджетного финансирования на прочие расходы (повышение квалификации, уплату госпошлин, лицензий, налогов и сборов и т. д.) рассчитывается на основе норм отчислений на уплату налогов, сборов и других обязательных выплат, утвержденных нормативно-законодательными актами.

5. $N_{кап}$ – норматив бюджетного финансирования на капитальные расходы (объем денежных средств на капитальный ремонт зданий, сооружений, приобретение и ремонт оборудования) рассчитывается на основе норм, утвержденных с учетом нормативных сроков эксплуатации зданий, сооружений, оборудования.

Остановимся более подробно на методике расчета норматива бюджетного финансирования, необходимого для реализации i -го государственного образовательного стандарта.

В общем виде алгоритм расчета был представлен математической формулой (1).

Структура фонда заработной платы определяется по формуле

$$(N_{з.р} = N_{з.р.п} + N_{з.р.м}) \cdot K_{рi} \cdot K_{н.т} \cdot K_{соц.н} \cdot Q_i.$$

При расчете $N_{з.р}$ используются следующие нормативные документы.

1. Примерные образовательная программа и учебный план. На основе учебного плана рассчитывается количество педагогических ставок и учебная нагрузка преподавателей и мастеров производственного обучения.

2. Единая тарифная сетка, утверждаемая Правительством Российской Федерации.

3. Статистические данные для определения средневзвешенного разряда оплаты труда по группам персонала работников учреждений начального профессионального образования.

На уровнях сводного бюджетного планирования определение минимальных расходов по выплате заработной платы возможно только на основе анализа динамики фактического удельного расхода по данному целевому направлению использования средств. Поэтому достигнутый на момент нормирования уровень затрат выступает здесь в качестве базисной величины и корректируется в соответствии с прогнозируемым уровнем динамики. При этом в базисную величину норматива оплаты труда входят заработная плата преподавателей и мастеров производственного обучения (тарифная и надтарифная части), рассчитанная по средневзвешенному разряду ЕТС работников УПО; начисления на заработную плату; компенсационные выплаты за книгоиздательскую продукцию; расходы на повышение разрядов и аттестацию, на медицинское обследование педагогических работников.

В состав тарифной части заработной платы включается:

- оплата преподавателей и мастеров производственного обучения по штатному расписанию и по тарификации в соответствии с квалификационным разрядом ЕТС с учетом ее повышения за условия труда (работу в сельской местности, работу с детьми, имеющими отклонения в развитии, в лицах и т. п.);

- повышение ставок (окладов) за работу в учреждениях для детей с отклонениями в развитии или нуждающихся в длительном лечении;

- оплата за превышение нормы часов;

- доплаты за вредные условия труда, за работу в ночное время, в выходные и праздничные дни и т. п.;

- прочие постоянные выплаты.

Надтарифная часть заработной платы выполняет стимулирующую функцию, в ее состав включаются различные поощрительные и стимулирующие надбавки и доплаты, компенсирующие повышенные затраты труда работника. Доплаты и надбавки такого характера устанавливаются в процентах от тарифной части. К ним относятся:

- доплаты за выполнение функций, не входящих в круг прямых обязанностей работника (классное руководство, проверка письменных работ, ведение учебными кабинетами и т. п.);

- выплаты стимулирующего и компенсирующего характера (поощрения, вознаграждения, доплаты за качество, интенсивность и напряженность труда, за экономию финансовых средств и т. п.);

- прочие надбавки и доплаты.

В норматив бюджетного финансирования на материальное обеспечение i -й бюджетной услуги на одного учащегося (норматив бюджетного финансирования материального обеспечения по обучению i -й специальности/профессии) в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом включаются учебные расходы, которые складываются из натуральных норм, рассчитанных на основе отчетно-статистического метода и связанных с приобретением учебных пособий, письменных и чертежных принадлежностей, материалов для учебных и лабораторных занятий; производственным обучением; производственной практикой; учебными экскурсиями; разработкой, изданием и приобретением учебных программ, бланков учебной документации; приобретением книг, учебной и другой литературы для библиотек, подпиской и приобретением периодических изданий, комплектованием библиотечных фондов, включая доставку; другими расходами.

Многообразие видов затрат на материальное обеспечение i -й бюджетной услуги на одного учащегося (норматив материального обеспечения по обучению i -й специальности/профессии) в соответствии с i -м государственным образовательным стандартом, а также зависимость уровней каждого из них от влияния собственной системы структурообразующих факторов не позволяют использовать в данной области нормирования какие-либо расчетно-аналитические методы. Определение размерности бюджетных норм и нормативов здесь, как в индивидуальном, так и в сводном планировании, может вестись только на базе анализа фактической динамики количественных затрат и достигнутого ими уровня к моменту работ по определению норматива бюджетного финансирования. Поэтому лучше использовать при их нормировании отчетно-статистический метод, который не может существенно сказаться на качестве нормирования всей совокупности затрат в финансовом выражении.

Важным моментом работы по созданию норматива бюджетного финансирования учреждения является вы-

бор ориентиров при расчете их размерности, т. е. величины предусматриваемых ими расходов. К настоящему времени существуют три возможных подхода к определению стоимости образовательных услуг. Расчет может осуществляться:

- по фактическим затратам, в результате чего выявляется фактическая себестоимость обучения;

- по плановым затратам, в результате чего определяется плановая себестоимость;

- на основе действующих нормативных показателей, в результате чего рассчитывается нормативная себестоимость обучения.

В условиях стабильной экономики предпочтительными являются расчеты нормативной себестоимости образования (математическая модель которой была показана выше), поскольку именно они позволяют определить общественно необходимый уровень затрат на профессиональное образование. Однако в период мирового финансового кризиса, в условиях экономической нестабильности и инфляции, что характерно в настоящее время для всех регионов России, расчеты нормативной себестоимости обучения приобретают несколько иной смысл. Ограниченность финансовых возможностей федерального, региональных и местных бюджетов, рост цен и тарифов на потребляемые образовательными учреждениями ресурсы и услуги практически исключают возможность прямого использования получаемых в результате нормативных расчетов данных в практике финансового планирования и взаиморасчетов. Вместе с тем, проведение нормативных расчетов стоимости обучения, в отличие от расчетов плановой себестоимости обучения и в современных сложных экономических условиях, не утрачивает смысла. Результаты таких расчетов обеспечивают сопоставление показателей реально необходимых и фактически покрываемых бюджетом затрат, вооружают широкую общественность, руководителей учреждений профессионального образования, органы власти, государственного управления и местного самоуправления наглядной информацией о том разрыве в финансировании, который необходимо устранить в целях обеспечения нормальных условий для работы системы профессионального образования и выполнения государственных образовательных стандартов профессионального образования.

Представленный метод способен обеспечить не только качественное нормирование затрат, но и создает условия для продуктивного диалога инвестора, потребителей бюджетных ресурсов (образовательных услуг) и учреждения профессионального образования в процессе согласования нормативных показателей.

Созданные в определенных исторических условиях точные и оптимальные бюджетные нормы и нормативы, даже в условиях вполне стабильного развития экономики, в силу ряда причин не могут длительное время отвечать своему назначению. Научно-технический прогресс и изменение экономической ситуации обуславливает большую динамичность как потребностей профессионального образования, так и финансовых возможностей государства, а это, в свою очередь, вызывает необходимость пересмотра бюджетных норм и нормативов.

Вместе с тем динамичность в данном случае, конечно же, не означает непрерывной изменчивости бюджетных норм и нормативов. Это, безусловно, динамика дискретного типа, когда каждая бюджетная норма и норматив на протяжении какого-либо индивидуального в каждом конкретном случае отрезка времени остаются неизменными, стабильными.

Более того, стабильность норм и нормативов на всем протяжении установленного срока их действия – важное условие эффективности нормирования, так как чрезмерно частое изменение норм и нормативов (например, в процессе исполнения бюджета) приводит к неустойчивости условий хозяйствования и неизбежно нарушает баланс в экономической системе в профессиональном образовании.

Е. В. Khimin

TECHNIQUE OF ACCOUNT OF THE BUDGET FINANCING SPECIFICATION OF VOCATIONAL TRAINING ESTABLISHMENTS ON THE BASIS OF THE NORMATIVE AND NORMALIZED RESOURCE MAINTENANCE

The technique of account of the budget financing specification is offered to consideration, on urgent in the given time to the question of normative financing, on the basis of the normalized and normative approach on an example of separately taken state budget establishment of vocational training.

Keywords: specification of budget financing, norm and specifications of maintenance.

© Химин Е. В., 2009

УДК 377.12

Г. П. Беляков, Е. В. Химин

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ КАЧЕСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Рассматриваются вопросы организации и обеспечения государственных образовательных стандартов на основе нормативного и нормированного подхода в государственных бюджетных учреждениях профессионального образования в целях обеспечения единой образовательной политики на всей территории России.

Ключевые слова: государственные образовательные стандарты, нормы и нормативы обеспечения.

Действующая в Российской Федерации система контроля и обеспечения качества профессионального образования основана на периодическом применении к каждому учреждению триады последовательных процедур: лицензирования, аттестации, аккредитации. Процедура лицензирования, которой должна предшествовать юридическая регистрация организуемого учебного заведения в качестве некоммерческой организации, заключается в проверке и подтверждении соответствия его материально-технической базы, учебной инфраструктуры и персонала совокупности требований, выполнение которых определено государством как условие предоставления права на образовательную деятельность. Прохождение этой процедуры не означает, однако, одновременной автоматической оценки качества образования согласно действующим государственным стандартам. До тех пор, пока учебное заведение, обладающее лицензией на право ведения образовательной деятельности, не получит подтверждения своего соответствия государственным стандартам в форме аттестации с последующей аккредитацией, оно не имеет права выдавать дипломы государственного

образца, а присваиваемые им квалификации рассматриваются в России в качестве частных квалификаций, не имеющих официально признанного статуса.

В существующих квалиметрических технологиях качество образования часто оценивается по показателям, которые проще всего измерить и сосчитать, но которые тем самым меньше всего отражают качество сложной социальной системы профессионального образования – не как простой услуги, а как общекультурной ценности, имеющей особую миссию, особые задачи, особые приоритеты. Измерение качества сложной системы требует системного подхода. Если попытаться разложить систему на составляющие, оценить каждый компонент, а затем собрать эти оценки в одну, общее представление о системе и оценки целостного ее восприятия не получится. Материальная и информационная база, квалификация кадрового состава, объем финансирования и т. п. – безусловно, важные для обеспечения качества образования показатели. Но это только необходимые компоненты, способствующие при должном управлении и организации образовательного процесса в определенной сре-

де возникновению качества. Соответствие этих компонентов государственному образовательному стандарту и даже многократное превышение стандарта еще не свидетельствует о появлении качества. Поэтому никакие рейтинги не могут служить единственным основанием для сравнения качества образования в тех или иных учреждениях профессионального образования.

В то же время не представляется возможным (да и вряд ли это разумно) ограничиться при оценке качества только чисто качественными показателями: во-первых, такая оценка окажется более субъективной по сравнению с количественной; во-вторых, как было отмечено выше, количественные показатели свидетельствуют о наличии необходимых условий для качества. В первую очередь это относится к организационным требованиям образовательного процесса – ресурсному обеспечению.

Управление качеством образования представляет собой целенаправленное воздействие на объект управления с помощью экономических и правовых рычагов для получения требуемых значений качественных показателей. Алгоритм организации любой, в том числе образовательной, деятельности всегда начинается с плана, который наряду с результативными показателями планируемой деятельности определяет необходимое ресурсное обеспечение. К ресурсам, необходимым для запуска и поддержания процесса образования или иного процесса, связанного с достижением планируемых целей, относятся финансовые, материально-технические, кадровые, а также информационные, технологические и иные нормативные ресурсы. Важнейшим элементом схемы управления также является контроль. Контроль, как правило, осуществляется как за результатом деятельности, так и за организацией процесса. Результаты контроля анализируются, сравниваются с плановыми показателями, и на этом основании осуществляется корректировка процесса с помощью изменения ресурсного обеспечения. При необходимости корректировке подвергается и план.

Вместо понятия «план» в системе управления качеством профессионального образования принято применять «требования к образовательному процессу на основе государственных образовательных стандартов». Они должны быть представлены в виде заранее установленных конкретных норм и нормативов, в соответствии с которыми и осуществляется процесс профессионального образования. Наука об управлении часто говорит об эффективности способа управления по конечному результату. В профессиональном образовании от этого тоже отказываться нельзя. Но и нельзя забывать, что профессиональное образование – это сфера оказания услуг, поэтому управление только по конечному результату здесь не может иметь места, так как для большинства образовательных услуг процесс их оказания совпадает с процессом «потребления». И для потребителей важен не только конечный результат, выражающийся в показателях качества подготовки выпускников, но и комфортные, безопасные условия самого процесса, т. е. условия его организации и обеспечения. Поэтому требования, в том числе нормированные и нормативные, устанавливаются как к конечному результату, так и к процессу оказания услуг, который измеряется не часами, не сутками, а годами.

Качественные показатели образовательного процесса прямо зависят от его ресурсного обеспечения. Кроме традиционных видов ресурсов (финансовых, материально-технических, кадровых), особое место занимают такие ресурсы, как научно-методическое и правовое обеспечение, поскольку от них в большей степени, чем в других отраслях, зависят качественные показатели результата и процесса образования; но учитывая ограниченность объема данной работы, эти направления остаются за ее рамками.

Результаты социологических исследований ресурсного обеспечения государственных образовательных стандартов показывают, что развитие содержания образования не подкрепляется адекватным ресурсным технологическим обеспечением.

Проблемы внешнего характера обусловлены недостаточностью бюджетного финансирования – так считают около 75 % опрошенных работников системы образования.

Среди проблем внутреннего характера респонденты выделили следующие:

- отсутствие четко сформулированных требований к материально-техническому обеспечению образовательного процесса на предмет реализации целей образования, государственных образовательных стандартов – 31 %;
- отсутствие четко сформулированных приоритетов развития материально-технической базы образования с учетом реального состояния материальных ресурсов конкретного образовательного учреждения, порождающее альтернативы типа «приобрести компьютер или переоборудовать спортивный зал» – 26 %;
- отсутствие среднесрочных и долгосрочных перспектив развития образовательных программ в конкретном образовательном учреждении – 25 %;
- недостаточная экономико-правовая компетентность руководителей образовательных учреждений для обеспечения реализации компетенции образовательного учреждения в части управления материальными ресурсами (согласно с п. 2.1. ст. 32 Закона РФ «Об образовании»), вопросы материально-технического обеспечения и оснащения образовательного процесса, оборудования помещений в соответствии с государственными и местными нормами и требованиями отнесены к компетенции образовательного учреждения) – 15 %;
- отсутствие выраженной политики в части управления имущественным комплексом (нерациональное использование ресурсов; невыполнение технологических условий и требований к эксплуатации зданий, сооружений, инженерных сетей, оборудования и других материальных ценностей; неоптимальность затрат на обеспечение функционирования образовательного учреждения) – 13 %;
- отсутствие специализированных служб (организаций) на муниципальном уровне для решения хозяйственных, эксплуатационных вопросов функционирования образовательных учреждений – 10 %;
- отсутствие практики организации образовательного процесса в различных формах, позволяющих эффективно использовать имеющуюся материально-техническую базу образовательного комплекса территории (по мнению респондентов, это, например, лаборатории для организации практических занятий; межбиблиотечный абонемент) – 10 %;

- отсутствие массовой практики использования современных информационных технологий для интенсификации учебного процесса, позволяющих существенно снизить затраты – 10 %;

- отсутствие норм, нормативов материально-технического и учебно-методического обеспечения, соответствующих требованиям государственных образовательных стандартов – 9 %;

- отсутствие системы мониторинга влияния изменений материально-технических условий на эффективность образовательного процесса – 7 %.

В Концепции модернизации российского образования на период до 2010 г. укрепление и модернизация материально-технической базы и инфраструктуры образовательных учреждений поставлены в число стратегических направлений развития профессионального образования.

Во исполнение Плана действий Минобразования России на 2002–2004 гг. по реализации Концепции модернизации российского образования (приказ Минобразования России от 23.07.2002 г. № 2866) в государственных образовательных стандартах профессионального образования должны были разрабатываться и утверждаться требования к материально-техническому обеспечению учебного процесса по отдельным направлениям подготовки и специальностям профессионального образования. Проведенное исследование современной редакции государственных образовательных стандартов показывает, что в них отсутствуют нормативные требования к ресурсному обеспечению для большинства специальностей и направлений.

С одной стороны, отсутствие требований к ресурсному обеспечению учебного процесса не может удовлетворять контролирующие этот процесс органы. С другой стороны, государственные стандарты не могут быть сформулированы абсолютно полно, они должны содержать только концептуальный взгляд на вопрос и определять основные нормативные принципы ресурсного обеспечения образовательной деятельности.

Таким образом, проблема проработки требований распадается на две части: во-первых, это формулировка концептуальных требований к ресурсному обеспечению учебного процесса на основе утвержденных норм и нормативов, которые должны быть зафиксированы в государственных образовательных стандартах; во-вторых, разработка конкретных показателей для практической оценки современного состояния и уровня его соответствия качественной подготовке специалистов.

Первая часть проблемы должна решаться на общегосударственном уровне в рамках подготовки стандартов третьего поколения.

Административный подход в формировании и управлении качества профессиональной подготовки основывается на регламентации функций, прав и обязанностей, критериев качества и т. п. Реализация административного подхода невозможна без нормативного подхода к системе организации образовательной деятельности и оценке качества профессиональной подготовки.

Нормативный подход предполагает обязательное установление норм и нормативов формирования, обеспечения и управления в целом всей системы профессио-

нального образования на основе утвержденных государственных образовательных стандартов. Чем больше удельный вес обоснованных и количественно выраженных норм и нормативов, тем выше организованность процессов профессиональной подготовки и оценки качества образования. Такой подход четко структурирует и развивает процессы, но в то же время может тормозить их развитие при некорректно составленной документации.

Практическое воплощение данного положения возможно на основе Концепции организационно-экономического обеспечения стандартов третьего поколения, в соответствии с которой нормированный и нормативный подходы обеспечения представляют собой интеграцию ресурсного и регламентного подходов к организации образовательной деятельности в учреждениях профессионального образования.

В основу нормированного и нормативного подходов положен принцип соответствия элементов образовательного процесса и их инновационного содержания существующим и необходимым ресурсам, без которых достижение планируемых результатов освоения основных образовательных программ в профессиональном образовании невозможно.

В соответствии с данным подходом, выбор всех видов ресурсов направлен прежде всего на эффективную реализацию как традиционных, так и новых требований к элементам государственных образовательных стандартов, включая цели и задачи, содержание и деятельность в его разнообразных уровнях подготовки.

В соответствии с позицией разработчиков требований, выбор и использование соответствующих норм и нормативов должны гарантировать планируемый результат. В этой связи рассматриваемый нами подход определяет систему норм и нормативов, направленных на реализацию стандартов нового поколения по видам организационных ресурсов (материально-техническим, финансово-экономическим кадрам, информационно-методическим, человеческим ресурсам). Данная классификация требований определяется и реализуется на четырех уровнях: на уровне образовательного учреждения, муниципальном, региональном и государственном уровнях.

Теперь обратимся к анализу состояния дел относительно второй части проблемы.

Основу государственной регламентации деятельности учреждений профессионального образования, как уже говорилось выше, составляет комплексная оценка. Процедуры комплексной оценки деятельности учреждений (лицензирование, аттестация, аккредитация) в настоящее время оказались наиболее усложненными по сравнению с предыдущими годами. Министерство образования РФ наметило пути существенного упрощения этих процедур. Таким образом, если говорить о конкретных показателях, можно было бы ожидать максимально глубокой их проработанности на сегодняшний день. Посмотрим, какие показатели каждой из этих процедур характеризуют ресурсную обеспеченность образовательного процесса.

Лицензирование (повторное лицензирование и лицензирование новых специальностей/направлений подготовки). В соответствии с действующим законодательством, при лицензировании предусмотрено представление сле-

дующих материалов, касающихся ресурсного обеспечения:

- сведений о зданиях и помещениях, используемых для организации и ведения образовательного процесса (количественная информация только одна – общая площадь);

- сведений об оснащенности учебного процесса специализированным и лабораторным оборудованием (наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий с перечнем основного оборудования).

Аттестация. Программа аттестации образовательных учреждений профессионального образования в отчете по самообследованию предусматривает отражение достаточности и степени соответствия учебно-лабораторной базы образовательным программам (на основании государственных образовательных стандартов, в которых требования к ресурсному обеспечению отражены лишь поверхностно – об этом говорилось выше) и использования новых информационных технологий и вычислительной техники в учебном процессе. При этом учитывается состояние ресурсного обеспечения образовательного учреждения в целом и по направлениям подготовки, а также состояние и развитие учебно-лабораторной базы, уровень ее оснащения. А при проведении внешней экспертизы эксперты должны установить соответствие содержания, уровня и качества подготовки выпускников опять-таки требованиям государственных образовательных стандартов.

Заглянем в методические рекомендации для эксперта аттестационной комиссии по оценке учебной деятельности учебного заведения, предназначенные экспертам, участвующим в проведении аттестации учреждений профессионального образования. В разделе «Рекомендации» сказано, что в своей работе эксперт должен проанализировать (выборочно) состояние ресурсного обеспечения образовательного учреждения в целом и по отдельным направлениям подготовки и оценить следующее:

- соответствие ресурсного обеспечения требованиям реализуемых образовательных программ и динамике их обновления (затраты учреждения на приобретение учебного оборудования) за последние 5 лет;

- степень использования материальной базы в учебном процессе и уровень оснащенности учебно-лабораторным оборудованием;

- обеспечение новых технологий обучения техническими средствами (компьютерами, видеотехникой и др.);

- наличие уникальных установок и других технических средств, созданных в вузе и используемых в подготовке специалистов;

- взаимодействие учреждений с базовыми предприятиями, организациями, учреждениями и использование их баз и кадрового потенциала для подготовки специалистов.

В соответствии с рекомендациями, эксперт должен выразить свое мнение в виде оценки по «мягкой» рейтинговой трехмерной шкале: «выше среднего уровня», «на среднем уровне», «ниже среднего уровня». При этом предполагается, что эксперт знаком с общероссийской ситуацией, и ему рекомендуется при оценке использовать перечень пороговых значений показателей, установ-

ленных для государственной аккредитации высших учебных заведений.

Аккредитация. В перечне пороговых значений государственного статуса (государственной аккредитации) образовательных учреждений нет ни одного пункта, касающегося ресурсного обеспечения.

Таким образом, круг замкнулся, и эксперт вынужден выносить свои суждения, ориентируясь на свои представления об общероссийской ситуации и здравый смысл. Ясно, что обычно представления эксперта ограничиваются тем профилем, которому соответствует его «родное» учреждение. В результате понятие «средний уровень» оказывается сильно размытым. Возможно, это правильно по отношению к разным профилям учреждений. Но внутри профиля должны быть достаточно четко определены две границы – нижняя и верхняя – для среднего уровня каждого показателя (в том числе ресурсного обеспечения), иначе государственная аттестация и аккредитация потеряют смысл.

Официальные сведения о ресурсном обеспечении учебного процесса для определения его среднего уровня можно почерпнуть из рейтингов Министерства образования и науки РФ, региональных и муниципальных органов управления образованием.

Для оценки ресурсного (кроме финансово-экономического и кадрового) обеспечения основной деятельности учреждений профессионального образования в рейтинге Министерства образования и науки РФ используются следующие основные критерии: обеспеченность учебно-лабораторной базой, обеспеченность инструментальной базой, обеспеченность компьютерной базой, обеспеченность библиотечными фондами. Поскольку обеспеченность учебно-лабораторной базой в рейтинге определяется только общей площадью этой базы (что имеет опосредованное отношение к материально-технической оснащенности и не может свидетельствовать даже о подготовке к ней, так как не учитывает состояния помещений), а вопросы информационного обеспечения выходят за пределы данного исследования и требуют отдельного изучения, то остается только один критерий – обеспеченность инструментальной базой. Поскольку данный критерий учитывает только общую стоимость машин и оборудования, это позволяет судить лишь о степени заинтересованности (не только сегодняшней, но и прошлой) администрации учреждения в приобретении оборудования. Если спуститься на уровень конкретных специальностей или профессий, где можно было бы ожидать более подробной спецификации, то соответствующий локальный критерий вообще смешивает два исходных показателя: общую площадь учебно-лабораторной базы в учреждении и общую стоимость машин и оборудования.

Кроме того, для оценки эффективности ресурсного обеспечения образовательного процесса необходимо также учитывать следующие параметры:

- коэффициент соответствия – соответствие элементов материально-технической базы требованиям образовательной программы с учетом ее уровня и направленности; соответствие элементов материально-технической базы нормам безопасности, санитарным, противопожар-

ным и эргонометрическим требованиям; соответствие проводимых технологических мероприятий по обслуживанию материально-технических ценностей требованиям (параметрам) эксплуатации;

– коэффициент наличия – отношение фактического количества материально-технических ценностей к минимально допустимому для осуществления образовательного процесса в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта (1 уровень); отношение фактического его количества материально-технических ценностей к необходимому количеству для осуществления образовательного процесса в соответствии с уровнем и направленностью образовательной программы образовательного учреждения (2 уровень);

– коэффициент использования – отношение фактической частоты использования материально-технических ценностей в образовательном процессе к необходимой частоте использования в соответствии с образовательной программой;

– коэффициент сохранности – отношение фактического срока использования (до физического износа) материально-технических ценностей к нормативно гарантированным срокам эксплуатации;

– социальный эффект – степень удовлетворенности субъектов образовательного процесса материально-технической базой образовательного учреждения;

– экономический эффект – отношение фактических финансовых затрат на эксплуатацию материально-технических ценностей к плановым затратам, определенным сметой расходов образовательного учреждения;

– образовательный эффект – выявление влияния материально-технической базы на результат образования (сравнительный анализ качества результата образования «до» и «после» осуществления мероприятий по развитию материально-технической базы).

Однако по сути, эти параметры никем не отслеживаются, так как ни одним из официальных нормативных документов они не регламентируются, а соответственно, и не проверяются. Все это говорит о низкой эффективности проводимой работы, зависящей от субъективного мнения экспертов, и это при наличии утвержденных государственных образовательных стандартов, обязательных к выполнению на всей территории Российской Федерации.

По нашему мнению, возможный путь разработки механизма системности организационного (ресурсного) обеспечения государственных образовательных стандартов нового поколения – это создание института экспертов-практиков на уровне Министерства образования и науки РФ при участии Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов МИСиС. Главная цель, преследуемая созданием этого института, – разработка концептуальных и теоретических основ организации и функционирования учреждений профессионального образования, выработка рекомендаций по нормированному и нормативному обеспечению государственных образовательных стандартов.

Понятно, что на таком всеобъемлющем уровне просто невозможно дойти до учета специфики конкретных направлений подготовки. Эта задача должна решаться на локальном уровне при соблюдении, естественно, основных принципов, разработанных на глобальном уровне. Если говорить об учреждениях технического направления подготовки, то доводкой механизма системности с учетом специфики отрасли могли бы заниматься общественные экспертные советы, созданные при соответствующих министерствах и ведомствах. В эти советы могли бы войти представители Министерства образования и науки РФ, представители органов управления отраслью, представители региональных и муниципальных органов управления образованием, эксперты из общероссийского банка экспертов, работающие в учреждениях отрасли, а также руководители учреждений. Такие советы не только могут определять стратегические направления развития учреждений отрасли, но и осуществлять постоянный мониторинг, давать рекомендации по перераспределению ресурсного обеспечения с целью системного развития организации управления качеством подготовки специалистов в учреждениях отрасли.

Формирование стандартов на компетентностной основе ставит новые задачи в деле обеспечения и контроля качества как в самом учреждении, так и при внешних оценках. Данную задачу европейское сообщество решает на протяжении более 20 лет, и в профессиональной школе России эта задача потребует значительных усилий по перестройке организационного обеспечения государственных образовательных стандартов.

G. P. Belyakov, E. B. Khimin

ORGANIZATIONAL MAINTENANCE OF THE STATE EDUCATIONAL STANDARDS AS A COMPONENT OF VOCATIONAL TRAINING QUALITY

The questions of organization and maintenance of the state educational standards on the basis of the normative and normalized approach in state budget establishments of vocational training with the purposes of uniform educational policy maintenance in all territory of Russia is considered.

Keywords: state educational standards, norms and specifications of maintenance.

© Беляков Г. П., Химин Е. Б., 2009

АНАЛИЗ ПОНЯТИЯ «РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ»

Представлен анализ понятия рекламной деятельности. Показано, что одним из основных блоков проблем в социокультурных исследованиях выступают проблемы взаимного влияния рекламной деятельности и общественной системы; второй блок проблем, тесно связанный с первым, возникает в связи с анализом влияния рекламной деятельности на отдельные институты общества и воздействием этих институтов на различные виды рекламной деятельности; третий блок проблем связан с анализом влияния рекламной деятельности на отдельные общественные процессы; четвертый блок проблем связан с понятиями «культурное наследие», «рекламно-культурные стереотипы», «отечественная реклама», «зарубежная реклама».

Ключевые слова: рекламная деятельность, взаимное влияние рекламной деятельности и общественной системы.

Понятие «рекламная деятельность» характеризует особый вид человеческой деятельности, направленный на производство и реализацию рекламы (рекламного продукта). В качестве таковой рекламная деятельность может быть определена и проанализирована с различных сторон, в частности, с экономической, психологической, социокультурной и философской.

Так, с точки зрения экономики, рекламная деятельность – это вид бизнеса, целью которого является разработка и производство различных видов рекламной продукции, которая продается, как и любой другой товар или услуга. В этом смысле работа рекламных агентств – основных «фабрик» по производству рекламы – ничем не отличается от деятельности компаний по выпуску продуктов питания, оказывающих банковские услуги и т. д.

С точки зрения психологии, рекламная деятельность представляет собой особый вид деятельности человека, группы лиц или организаций, основная цель которых состоит в придании особой ценностной значимости неким объектам или информации по сравнению, например, с аналогичными.

В социокультурных и философских исследованиях рекламная деятельность выступает как основа создания новых форм культурной среды, социального мифотворчества [1], формирования системы норм и ценностей [2, с. 35].

В этом смысле рекламная деятельность рассматривается как один из источников социокультурного развития, как система взаимодействия и взаимовлияния социальных субъектов. При этом предметом изучения рекламной деятельности выступает совокупность средств, методов и способов распространения информации в определенной сфере экономической и общественной деятельности людей с целью привлечения внимания потенциальных потребителей к объекту рекламирования с учетом типа общества.

В связи с этим одним из основных блоков проблем в социокультурных и философских исследованиях выступают проблемы взаимного влияния рекламной деятельности и общественной системы, в соответствии с чем выделяются два основных аспекта. Первый аспект связан с пониманием того, что реклама не только транслирует ценности общества, в котором она существует, но и формирует их. Как отмечает Л. Н. Федотова, «...утверждая ценности, разделяемые всеми членами общества... реклама способствует сохранению стабильности общества,

а участвуя в формировании новых ценностей, задает новые ориентиры в движении социума, содействует его трансформации» [3, с. 50].

При этом эффективность рекламной деятельности обусловлена степенью ее соответствия ценностным ориентациям, отраженным в информационном потоке и разделяемым обществом: ее успех или неуспех определяется общим ценностным полем воспринимающих ее людей. Таким образом, если реклама для достижения своих целей апеллирует к доминирующим в обществе социально-психологическим ценностям и мотивациям, то, в свою очередь, она сама может служить примером ценностей и мотиваций, распространенных в обществе. Вместе с тем важно иметь в виду и другой аспект проблемы взаимосвязи общества и рекламы, а именно влияние общественных процессов на функционирование рекламы как общественного института.

Второй блок проблем, тесно связанный с первым, возникает в связи с анализом влияния рекламной деятельности на отдельные институты общества и воздействием этих институтов на различные виды рекламной деятельности (в частности, это проблемы влияния рекламы на семью и влияния семейного быта на методы и средства распространения информации рекламного характера). Особый интерес при этом вызывает проблема влияния рекламы на воспитательные и образовательные институты общества, поскольку предоставляя информацию, она ретранслирует ценности, разделяемые в обществе, задает ориентиры социокультурного действия в соответствии с традиционной для данного общества культурно-знаковой парадигмой.

Следующий (третий) блок проблем связан с анализом влияния рекламной деятельности на отдельные общественные процессы. Например, «реклама переводит такой важнейший социальный процесс, как субъективизация социальной стратификации, из материального производства в сферу потребления», – пишет В. П. Коломиец [4, с. 68], в результате чего отсутствие доступа к обладанию средствами производства заменяется доступом к потреблению. При этом следует отметить, что потребление выступает критерием социальной стратификации. «Иными словами, положение человека в обществе оценивается не только его заслугами перед обществом и тем, чем он владеет, но прежде всего тем, что и в каком количестве он потребляет.

Подобное отношение к потреблению напрямую связано с набором его мотиваций. Среди многообразия мотивов, толкающих человека на покупку, особенно актуальными и широко используемыми рекламой оказываются мотивы престижа и уподобления. Это означает, что люди наиболее охотно покупают то, что утвердит их общественный статус или поможет уподобиться тем, чей статус в данной иерархии представляется достойным подражания. Вследствие этого и сам товар становится ненастоящим, виртуальным, поскольку оценивается не с точки зрения его основных, существенных качеств, а исходя из престижа и моды, сформированных рекламой мотивации. В результате возникает система виртуальных ценностей, иногда не имеющих никакого отношения к реальному бытию.

Четвертый блок проблем связан с понятиями «культурное наследие», «национальный характер», «рекламно-культурные стереотипы», «отечественная реклама», «зарубежная реклама». Речь идет о взаимосвязи и взаимном влиянии рекламного воздействия и культуры определенного общества (на практике это фиксирует проблему эффективности зарубежных рекламных роликов в условиях их несоответствия менталитету отечественных потребителей).

В связи с этим следует отметить, что современный рекламный рынок развивается и функционирует в особую историческую эпоху, когда многие ценности, связанные, прежде всего, с межчеловеческими отношениями и отношением к природе, ранее казавшиеся необходимым условием прогресса и улучшения качества жизни, сегодня ставятся под сомнение. В связи с этим ряд отечественных ученых поднимают вопрос: нужно ли воспринимать образцы современного западного опыта как некоторый идеал или сами эти образцы должны быть подвергнуты критике?

Ответом на этот вопрос может служить мнение Э. Кассирера: «Пока одна культура лишь перенимает у другой то или иное содержание, не проявляя ни желания, ни способности проникнуть в ее настоящий центр... в лучшем случае мы будем иметь дело с поверхностным заимствованием отдельных образующих элементов; но они не могут стать подлинными образовательными силами или мотивами» [5, с. 122].

Анализируя состояние российской рекламы, Д. В. Ольшанский отмечает: «... с одной стороны, никак даже не попытавшись осмыслить основы и историю, идет слепой перенос современного опыта западной рекламы на... российское массовое сознание» [6, с. 214]. Это обстоятельство приводит к необходимости детального изучения социокультурной составляющей рекламной деятельности.

Как отмечает В. В. Никуленков, «пропагандируя услуги и товары широкого потребления, реклама одновременно пропагандирует и определенные духовные ценности, а в целом – определенный образ жизни» [7, с. 46]. Актуальность изучения поставленной проблемы связана с внедрением в общественную практику России западного мировоззренческого, культурного и образовательного опыта, в результате чего происходит столкновение культур. Данные примеры показывают, что реклама не только задает стандарты поведения в той или иной си-

туации, но и в значительной степени определяет мораль общества и его этические параметры, выступает как самый активный пропагандист эстетических ценностей, создает привычки и обычаи, распространяет и закрепляет культурные и исторические клише.

Таким образом, не подвергается сомнению тот факт, что рекламная деятельность базируется на глубинных социокультурных предпосылках и затрагивает разнообразные сферы человеческих контактов – идеологию, религию, быт, эстетическую деятельность, властные устремления и т. п.

В нашей стране данная концепция представлена работами таких исследователей, как А. В. Костина, Л. И. Рюмина, Н. В. Старых, М. И. Старуш, В. В. Ученова и др. Их исследования интерпретируют рекламную деятельность как один из особых родов человеческой деятельности, опирающийся на производство и распространение информативно-образных, экспрессивно-суггестивных текстов, адресованных группам людей с целью побудить их к нужным рекламодателю выбору и поступку.

Между тем жизнедеятельность каждого типа общества детерминирует свою форму и содержание рекламной деятельности, задает ей свои цели и функции. При этом согласно В. В. Никуленкову, «в зависимости от целей и конкретных задач формируются и распространяются заранее „сконструированные“ образы или имиджи конкретных лиц, фирм и организаций, идей, программ, товаров и т. п., которые, как правило, неадекватно отражают реальные существенные их характеристики и таким образом дезориентируют людей» [7, с. 41].

Представленные выше материалы приводят к пониманию того, что рекламная деятельность и ее продукт может рассматриваться в качестве манипулятивной искусственно созданной конструкции или в качестве информативного образа, адекватно отражающего свойства и характеристики рекламируемого продукта.

Итак, предметом рекламной деятельности выступает совокупность средств, методов и способов распространения информации в определенной сфере экономической и общественной деятельности людей с целью привлечения внимания потенциальных потребителей к объекту рекламирования с учетом типа общества.

Рекламная деятельность и ее результат (рекламный продукт) не только отражает социально-экономические процессы, но и направляет их в соответствии с целями и задачами (приоритетными направлениями развития) специфики типа общества.

Библиографический список

1. Олейникова, О. Д. Реклама как феномен неомифологического сознания / О. Д. Олейникова // *Философия образования*. 2002. Вып. 2. С. 201–205.
2. Зызыкин, В. Г. Психология в рекламе / В. Г. Зызыкин. М.: Инфра-М, 1992.
3. Федотова, Л. Н. Социология рекламной деятельности / Л. Н. Федотова. М.: Гардарики, 2002.
4. Коломиец, В. П. Легитимация социальной стратификации средствами рекламы / В. П. Коломиец // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 18*. 1998. № 1.

5. Кассирер, Э. Избранное. Опыт о человеке / Э. Кассирер. М. : Гардарики, 1998.

6. Ольшанский, Д. В. Психология масс / Д. В. Ольшанский. СПб. : Питер, 2001.

7. Никуленков, В. В. Реклама и PR в истории политических игр / В. В. Никуленков. Красноярск : Поликор, 2008.

Е. А. Zemlyanskaya

ANALYSIS OF «ADVERTISING ACTIVITY» AS A NOTION

The analysis of the advertising activity notion is given. It demonstrates that advertising activity characterizes the peculiar kind of human activity, devoted to producing and realizing advertisement. Such human activity could be defined and analyzed from different sides, in particular, from economical, psychological and sociocultural ones. It is proved that one of the main clusters of problems within sociocultural research is the issues of cross-effect of advertising activity and social system; the second cluster of problems, closely connected with the first one, appears due to the analysis of influencing advertising activity to separate social institutions and these institutions' impacting the different types of advertising activity; the third cluster of problems is associated with the analysis of influencing advertising activity to some social processes; the fourth cluster is connected with the notions of «social heritage», «advertising-cultural stereotypes», «domestic advertising», «foreign advertising».

Keywords: advertising activity, cross-effect of advertising activity and social system.

© Землянская Е. А., 2009

УДК 659

Е. А. Землянская, М. В. Савельева

К ВОПРОСУ О СУБЪЕКТАХ РЕКЛАМНОГО РЫНКА

Рассматриваются субъекты рекламного рынка: рекламодатели, рекламные посредники, средства распространения рекламной информации, потребители рекламы, профессиональные объединения и государство. Показано, что реклама выполняет двойственную роль, являясь одновременно и «зеркалом», своеобразным отражением общественных процессов и отношений, и инструментом управления, существующим для внесения определенного вклада в удовлетворение потребностей общества и выполнения определенных социальных функций, в частности, привлечения внимания к социальным проблемам с целью их разрешения.

Ключевые слова: реклама, рекламная деятельность, субъекты рекламной деятельности.

Рекламная деятельность реализуется посредством взаимодействия субъектов рекламного рынка. В рамках фактически любого более или менее развитого рынка рекламы действуют четыре основных группы субъектов данного рынка, а именно: рекламодатели, рекламные посредники, средства распространения рекламной информации, потребители рекламы.

Рекламодатель – физическое или юридическое лицо, являющееся инициатором рекламного процесса, и, как правило, оплачивающее его. Рекламодатель принимает решение относительно того, кому реклама будет предназначена, какие средства доставки сообщений для нее использовать, определяет бюджет расходов на рекламу и продолжительность рекламной кампании [1, с. 42]. В роли рекламодателя может выступать любая торговая или производственная фирма, банк, инвестиционная компания, частный предприниматель, которые оплачивают рекламу в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Рекламный посредник – физическое или юридическое лицо, занимающееся по поручению рекламодателя

или средства распространения рекламной информации разработкой и осуществлением рекламной деятельности в интересах заказчика. Другими словами, под рекламными посредниками понимаются все те организации или частные лица, которые находятся (выступая посредником) между рекламодателями и средствами распространения рекламной информации.

К основным субъектам рекламного рынка относятся также средства распространения рекламной информации (медиаканалы) – каналы коммуникации, которые доносят сообщение рекламодателя до его аудитории. Отметим, что успешная работа рекламных агентств во многом зависит от выбора конкретных средств распространения рекламы, к которым относят рекламу в прессе; печатную рекламу; телевизионную рекламу; радиорекламу; наружную рекламу; рекламу на транспорте (надписи на наружной поверхности транспортных средств, печатные объявления в салонах автотранспорта). Следует обратить внимание на то, что к средствам распространения рекламной информации относятся как средства

массовой информации (телеканалы, радиостанции, газеты, журналы, Интернет), так и те носители, на которых размещается наружная реклама, «люди-сэндвичи», носящие на себе рекламные плакаты и т. д.

Еще одним основным субъектом рекламного рынка, на которого направлены все усилия рекламодателей, является потребитель.

Потребители рекламы – физические или юридические лица, до которых доводится рекламная информация. Анализируя потребителей рекламы, следует выделять тех, на кого рекламная деятельность специально направлена (искомая для рекламодателя целевая аудитория), и тех, до кого данная реклама доводится. С одной стороны, рекламодатель или рекламное агентство (субъекты рекламы, обслуживающие определенного рекламодателя) могут не учитывать интересов широких слоев общества. С другой стороны, это не совсем так – потребители рекламы (сами в индивидуальном порядке или же организованно через различные союзы потребителей) вправе предъявить претензии к рекламной деятельности или ее организаторам, если это создает им какие-либо проблемы (недостоверная информация, нарушение законодательства и т. д.). Следовательно, при упоминании о потребителях рекламы необходимо помнить не только о тех, на кого она направлена, но и обо всех, кто может с ней контактировать.

В связи с этим, как отмечает А. Н. Назайкин, «в рекламе необходимо очень хорошо представлять себе потенциального покупателя, учитывать вкусы и привычки человека, к которому обращаешься. Эффективным будет только то сообщение, создатель которого ставит себя на место потребителя, говорит с ним на его языке» [2, с. 16]. Все это связано с тем, что основная цель рекламной деятельности – убедить потребителя купить какой-либо товар или услугу.

Культура оказывает сильное воздействие на покупательское поведение. Например, современная работающая мать уже не уделяет столько времени приготовлению пищи и уборке, как мать-домохозяйка в прошлом. Специалисты рынка продуктов питания поменяли свою стратегию продвижения, в результате чего сегодня стало больше рекламы системы быстрого питания – еды, готовой к употреблению, полуфабрикатов, кафе, служб доставки еды на дом.

Важно отметить, что в маркетинговых исследованиях рекламы человек всегда представлен как потребитель, однако понятие «личность» не тождественно понятию «потребитель». Современный человек, с одной стороны, вынужден жить в условиях социально-экономической конкуренции, т. е. в условиях «войны всех против всех», по выражению Т. Гоббса, а с другой – определить свое личное отношение как к культурным традициям, так и к потреблению. В связи с этим в последние десятилетия появилась идея о так называемом социально-этичном или «социетальном» маркетинге, который направлен на осуществление социально ориентированного бизнеса.

Кроме того, в качестве второстепенных, но, как правило, столь же обязательных субъектов рекламного рынка выступают и другие структуры, способствующие функционированию рынка в целом. К ним можно отнести исследовательские, маркетинговые и консалтинговые

организации, изучающие поведение потребителей, аудиторию средств распространения рекламной информации и рынок товаров и услуг в целом, способы воздействия на потребителей и т. д.

Основная задача подобных организаций заключается в обеспечении основных субъектов рынка (прежде всего рекламодателей и рекламных посредников) информацией о состоянии и перспективах развития рынка, отдельных его сегментов, в оказании содействия в определении целесообразности проведения тех или иных рекламных кампаний или мероприятий для получения максимальной эффективности при достижении поставленных целей.

Одним из наиболее важных субъектов рекламного рынка, который нельзя отнести ни к основным, ни к второстепенным, является государство. Основные функции государства на рекламном рынке состоят в разработке «правил игры» на данном рынке; контроле за соблюдением разработанных «правил игры»; арбитраже при решении спорных вопросов.

Важнейшим моментом здесь являются «правила игры», которые диктуются государством. Действительно, научно-технический прогресс вызвал к жизни новое поколение научно-технических средств целенаправленного идеологического воздействия на все слои населения, в частности с помощью рекламы. В развитых правовых государствах своевременно оценили новые возможности рекламной деятельности и стали широко и довольно успешно внедрять их в практику массовой идеологической обработки населения – потенциального покупателя.

Развитие телекоммуникаций в современном мире, проникновение форм и методов целеполагающего воздействия на молодежь с широким использованием новейших технических средств создает реальную опасность внедрять в умы чуждое идеалам российского государства содержание вседозволенности. Проблема глубже и шире, чем может показаться на первый взгляд, поскольку молодежь наиболее восприимчива к форме, для нее реклама, яркая «обертка», может оказаться более привлекательной, чем содержимое предлагаемого товара. «Обертка» рекламы создается соответствующим набором технических средств рекламной деятельности при соответствующей организации их применения. В результате, средства рекламы позволяют внедрять в сознание миллионов людей ценности и стандарты индивидуалистического общества, добиваться того, что суррогаты массовой культуры становятся элементом образа жизни россиян («Бери от жизни все!»).

Как пишет О. Д. Олейникова, «в мире, терзаемом неуверенностью и тревогой, сценки коммерческих объявлений на телевидении, где на фоне пальм и лазоревых морей умопомрачительные блондинки наглядно... демонстрируют доступный всем рецепт достижения полного счастья... Можно перевести дух и сказать: „Господи, да если нужно для счастья купить этот дезодорант, то я сделаю, разрази меня гром, я это сделаю завтра же...“. Реклама успокаивает, возвращает равновесие, вселяет уверенность в том, что стать счастливым просто – надо покупать, покупать, покупать» [3, с. 202].

Телевидение ныне – и продавец товаров, и пропагандист нового образа жизни, где при минимуме моральных

усилий можно достичь максимума удовольствий. Э. Фромм как-то заметил, что современный человек заблуждается, думая, что он знает, чего хочет, тогда как хочет он того, чего от него требуют опытные ведущие телепрограмм и рекламных роликов. Человек становится жертвой этих манипуляций, в ценностной картине мира осуществляется подстановка иллюзии вместо действительности, вымышленных представлений о мире вместо здоровой критической оценки явлений и событий. «Все помнят, как кадры хроники о взрывах домов... перемежались жизнерадостной рекламой: „Сделай паузу, скушай Твик!“». Последние известия о гибели подводной лодки, о терактах на юге России непременно завершались напоминанием: „Самое время позаботиться о свежести дыхания“. В общем контексте российской жизни цинизм рекламной продукции совершенно очевиден» [3, с. 202].

Вместе с объективными рекламируемыми современными потребительскими свойствами товаров рекламная деятельность в первую очередь несет на себе и печать образа жизни индивидуалистического общества. В этой связи насущной задачей контрпропаганды является создание собственных отечественных современных научно-технических средств идеологического рекламного воздействия, ориентированных на национальные цели и идеалы. Только таким путем можно противостоять разрушительному влиянию Запада в сфере идеологии и культуры рекламной деятельности.

По словам немецкого и американского социолога Г. Маркузе, «товары и услуги продают или навязывают социальную систему как целое... несут с собой предписываемые отношения и привычки, устойчивые интеллектуальные и эмоциональные реакции, которые привязывают потребителей... к производителям и через этих последних – к целому. Продукты обладают внушающей и манипулирующей силой... И, по мере того, как они становятся доступными для новых социальных классов, то воздействие на сознание, которое они несут с собой, перестает быть просто рекламой, оно становится образом жизни. Это не плохой образ жизни – он гораздо лучше прежнего, но потому он и препятствует качественным переменам» (цит. по: [4, с. 70]). Именно в этом смысле реклама, в том числе социальная, выступает как «самоосуществляющееся пророчество».

Известный американский теоретик П. Мартино в своей книге «Мотивация в рекламе» писал по этому поводу следующее: «Реклама способна помочь людям по-

чувствовать, что они являются частью общества, которое предлагает им все самое лучшее, помочь им проникнуться вдохновением и работать с самой высокой производительностью» (цит. по: [5, с. 21]). Развивая данную идею, Ж. Бодрийяр пишет: «Реклама фактически внушает нам: «Общество всецело приспосабливается к вам, так интегрируйтесь же и сами в него, – но эта взаимность, конечно, с подвохом: к вам приспосабливается чисто воображаемая инстанция, вы же взамен приспосабливаетесь ко вполне реальному социальному строю. Через посредство кресла, „сочетающегося с формами вашего тела“, вы сами сочетаетесь, принимая за него ответственность, со всем технико-политическим строем общества» [6, с. 190].

Таким образом, оформления рекламной деятельности реализуются посредством взаимодействия субъектов рекламного рынка: рекламодателей, рекламных посредников, средств распространения рекламной информации, потребителей рекламы, профессиональных объединений и государства.

Реклама выполняет двойственную роль, являясь одновременно и «зеркалом», своеобразным отражением общественных процессов и отношений, и инструментом управления, существующим для внесения определенного вклада в удовлетворение потребностей общества и выполнения определенных социальных функций, в частности, привлечения внимания к социальным проблемам с целью их разрешения.

Библиографический список

1. Уэллс, У. Реклама: принципы и практика / У. Уэллс, Дж. Бернет, С. Мориарти ; пер. с англ. С. Г. Божук. СПб. : Питер, 2001.
2. Назайкин, А. Н. Практика рекламного текста / А. Н. Назайкин. М. : Бератор-Пресс, 2003.
3. Олейникова, О. Д. Реклама как феномен неомифологического сознания / О. Д. Олейникова // Философия образования. 2002. Вып. № 2.
4. Флягина, И. А. Реклама как специфический вид массовой коммуникации и социокультурная динамика / И. А. Флягина // Мир психологии. 2000. № 2.
5. Феофанов, О. А. Реклама: новые технологии в России / О. А. Феофанов. СПб. : Питер, 2000.
6. Бодрийяр, Ж. Система вещей / Ж. Бодрийяр. М. : Рудомино, 1999.

Е. А. Zemlyanskaya, M. V. Savelyeva

STUDYING THE SUBJECTS OF ADVERTISING MARKET

The article deals with the advertising market subjects, such as: advertising spenders, advertising dealers, advertising media, consumers, trading unions and the state. Advertising is proved to play a double role, being simultaneously a «mirror», peculiar reflection of social processes and relations, and an instrument of control to make a particular contribution into meeting a society's requirements and some social functions, specifically, attracting attention to social problems, which need to be solved.

Keywords: advertising, advertising activity, the subjects of advertising activity.

С. А. Королева, А. К. Владыко

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ СДЕЛОК МЕЖДУ РОССИЕЙ И КИТАЕМ

Рассматриваются риски внешнеторговых сделок между Россией и Китаем в системе внешнеэкономической деятельности. Приводятся рекомендации по ведению внешнеторговых сделок с Китаем с целью повышения эффективности двусторонних взаимовыгодных отношений.

Ключевые слова: риск, внешнеторговые сделки.

Актуальность данной работы определяется настоящей необходимостью глубокого изучения внешнеторговых взаимоотношений и коммуникаций между Россией и Китаем с целью повышения эффективности двустороннего сотрудничества. В качестве объекта выступают риски внешнеторговых сделок. Практическая значимость работы состоит в конкретных предложениях и рекомендациях по ведению эффективной двусторонней коммуникации с целью реализации успешных внешнеторговых сделок между Россией и Китаем.

Выгодное географическое положение, развитая логистическая сеть, доступность таможенных согласований обуславливают активное деловое сотрудничество России и Китая. Но нередко на пути установления добрососедского сотрудничества возникают правовые риски, с которыми могут столкнуться российские компании при согласовании условий внешнеторговых сделок. Знание правовых аспектов внешнеэкономической деятельности с КНР позволит избежать неоправданных расходов и неожиданных затрат. Немаловажное значение имеет и знакомство с особенностями китайской деловой культуры и учет их при ведении переговоров.

Рассмотрим подробнее источники возникновения рисков при заключении внешнеторговых сделок между Россией и Китаем (см. рисунок).

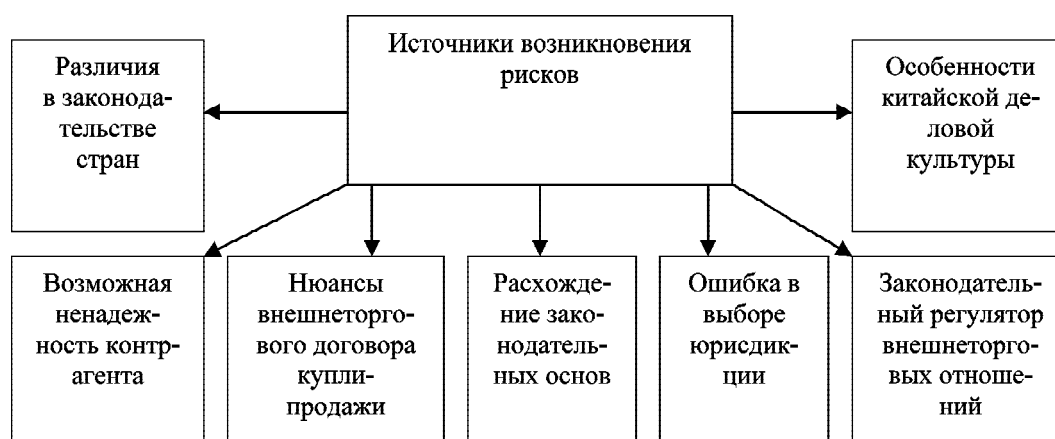
Различия в законодательстве стран. Одним из самых серьезных правовых рисков, с которым сталкиваются предприниматели из разных юрисдикций, являются различия в законодательстве разных государств при регулировании одних и тех же юридических вопросов. В жажде скорейшего получения прибыли предприниматели недо-

статочно внимательно относятся к первоначальному этапу двусторонних отношений, а именно к этапу согласования условий контракта. Отсюда и возникают нелепые трудности и неожиданные последствия.

Возможная ненадежность контрагента при торговле с КНР. «Существующий в Китае разрешительный порядок участия предприятий во внешнеэкономической деятельности существенно сужает круг субъектов, имеющих право заключать сделки международной купли-продажи. Поэтому необходимо проверять правовой статус предприятия иностранного контрагента и его финансовую и коммерческую надежность, а также правильность оформления и объем полномочий представителей иностранного контрагента на проведение ими переговоров и подписание сделок согласно учредительным документам и доверенностям» [1]. До недавнего времени это было острой необходимостью, так как напрямую могло влиять на решение российской налоговой инспекции о возмещении экспортного НДС.

Нюансы внешнеторгового договора купли-продажи. Внешнеторговый договор купли-продажи – это согласованный сторонами коммерческий документ, по которому продавец обязан предоставить товар в собственность покупателя, а покупатель обязан принять и оплатить товар. Непременным условием договора купли-продажи является переход права собственности на товар от продавца к покупателю. Договор составляется в письменной форме на двух языках; каждый экземпляр имеет юридическую силу.

Проблема общего языка важна еще на стадии переговоров, если переговоры ведутся на различных языках.



Источники возникновения рисков при заключении внешнеторговых сделок с Китаем

Важно не только хорошее знание языка, но и правильный выбор и подготовка переводчика, владеющего одинаково хорошо и иностранным, и родным языком, обладающего высокой языковой культурой и умением ощутить языковые нюансы, нечеткое понимание которых может привести к серьезным недоразумениям. А хорошее знание иностранного языка, напротив, упростит процедуру согласования и подписания условий внешнеторгового контракта, расположит к себе партнера, отмечающего стремление сотрудничающей стороны найти общий язык.

Расхождение законодательных основ. «В законодательстве Китая, например, отсутствуют легальные определения терминов «оферта» и «акцепт», что грозит возможными негативными последствиями. Законы КНР не содержат также указаний на признаки, позволяющие провести различие между офертой и вызовом оферты.

Крайне не рекомендуется российским предприятиям заключать договор международной купли-продажи (внешнеторговой поставки) по факсу. Дело в том, что применимая к таким соглашениям Венская конвенция 1980 г. под письменной формой понимает только сообщения по телеграфу и телетайпу, а высший судебный орган России, рассматривающий экономические споры, в одном из своих решений определил, что если Конвенция из электронных средств связи называет только два вышеуказанных, то телефонная связь в этот перечень не попадает» [1].

Ошибка в выборе юрисдикции. Избрание неадекватной юрисдикции для разрешения спора, равно как и неадекватного применимого материального права, может привести к тому, что затраты на тяжбу станут сопоставимыми с суммой убытков либо значительно превысят ее, притом что результат рассмотрения спора предугадать практически невозможно. Поэтому выработка максимально корректной формулировки арбитражной оговорки и оговорки о применимом праве является, пожалуй, ключевым моментом при проектировании условий договора необходимо серьезно задумываться о последствиях выбора того или иного суда и применимого права. В результате выявленных потенциально применимых правовых порядков необходимо проверить положения договора на соответствие нормам потенциально применимого права, которое будет избрано в случае возникновения конфликта между сторонами контракта. Вести диалог «на равных» с иностранным контрагентом, как правило, искушенным в специфике экспортно-импортных операций, возможно только при участии специалистов в этой сфере. Поэтому на этапе согласования условий договора целесообразно привлекать профессионалов.

Законодательный регулятор внешнеторговых отношений России и КНР. В современной торговле основным правовым регулятором внешнеторгового обмена между разными государствами стали Инкотермс-2000 (Международные правила толкования торговых терминов) и Конвенция ООН о договорах международной купли-продажи товаров 1980 г. Однако еще совсем недавно торговля между странами, входящими в «социалистический» лагерь, регламентировалась общими условиями поставок (ОУП), которые носили межведомственный харак-

тер. Подписан был такой документ также между СССР и КНР (ОУП СССР–КНР).

«Первая редакция этого документа была принята в 1950 г. Она корректировалась в 1957 г. и в 1970 г. Последняя редакция, вступившая в силу с 1 июля 1990 г., существенно отличается от предыдущих ОУП СССР–КНР и имеет характер международного межведомственного соглашения, которое подписали уполномоченные органы каждого из государств. Действующий текст ОУП СССР–КНР охватывает важные для торговой практики вопросы: базисные условия и срок поставки, качество и количество товара, транспортные инструкции и извещения о поставках, порядок платежей, санкции, претензии, основания освобождения от ответственности, арбитраж» [1].

На сегодняшний день спорен вопрос о том, сохранили ли ОУП СССР–КНР 1990 г. нормативный характер и соответственно, подлежат ли они применению при отсутствии на это согласия сторон контракта. Дело в том, что «...правопреемство России в отношении этого документа оформлено не было, а в межгосударственных соглашениях, которые Россия и Китай заключили в 1991 г. и в последующие годы, не выражено отношение к нему. Независимо от того, носят ли ОУП СССР–КНР нормативный или факультативный характер, их положения имеют приоритет по отношению к правилам Венской конвенции 1980 г.» [1].

В настоящее время контракты заключаются в основном с использованием условий Инкотермс 2000, что позволяет унифицировать внешнеэкономические отношения не только между российскими и китайскими деловыми партнерами, но также и партнерами из других стран.

Особенности китайской деловой культуры. Некоторые национальные обычаи. Планируя деловую поездку в Китай или устанавливая деловые отношения с китайскими партнерами необходимо учесть ряд правил и обычаев ведения деловой деятельности с китайским партнером (URL: http://www.chinadata.khv.ru/scit_ma.htm).

Организация деловых встреч. При планировании визита к деловому партнеру из Китая или же организовав деловую встречу, учтите, что в Китае, как и в других странах, рабочий день начинается с 8 часов утра и длится до 17 часов, с понедельника по пятницу. Обеденный перерыв, как правило, – с 12 до 14 часов. Фактически все «закрывается» в течение этого периода, включая лифт и телефонные услуги.

Китайцы очень ответственно относятся к своим национальным праздникам, таким как Новый год, Первое мая или какой-либо государственный праздник. В эти дни все фирмы и компании не работают.

Ведение делового общения. При обращении принято использовать профессиональное звание или должность с фамилией, например: директор Ван или генерал Чен. Если человек не имеет звания и должности, то используются обращения госпожа, мисс и фамилия.

Отрицательные ответы считаются невежливыми. Вместо «нет» китайцы употребляют «возможно» или «я подумаю об этом». Когда китайские партнеры вежливо говорят «нет проблем» или «это не серьезная проблема», это означает, что проблемы все-таки есть; следовательно вам стоит узнать об этом больше.

Следует учесть, что в деловой китайской культуре преобладает коллективное мышление, поэтому не торопите китайских партнеров к сиюминутному принятию решения, им необходимо посоветоваться и еще раз все обдумать.

Сильный акцент в китайской деловой культуре делается также на иерархические отношения. Если в составе делегации нет самого главного руководителя, то можете не рассчитывать, что ответ на ваше предложение будет дан до отъезда делегации.

Деловые подарки. На сегодняшний день официальная политика деловой китайской культуры запрещает дарить подарки, так как этот жест считается проявлением взяточничества, а значит, противоправным действием. Поэтому если вы хотите что-либо подарить Вашему деловому партнеру, то необходимо сделать это конфиденциально и в контексте дружбы, а не бизнеса.

Традиции принятия подарков в КНР предписывают отказаться от подарка три или более раз перед окончательным согласием его принять. Китайцы это делают для того, чтобы не казаться жадными. Когда подарок принят, тот, кто вручал, должен выразить благодарность за принятие. Оберточная бумага должна быть красного цвета, который считается счастливым. Розовый, золотой, серебряный – приемлемые цвета для подарочной упаковки.

Желтый, белый, черный или синий цвета оберточной бумаги неприемлемы, так как имеют негативную коннотацию в китайской культуре.

Если со стороны российских партнеров будут соблюдены все традиции китайского делового общения, то китайская сторона непременно откликнется положительным ответом на деловое предложение, так как китайцы чтят отношения превыше всего.

В заключение еще раз отметим, что важной задачей России и Китая является установление гармоничного взаимного сотрудничества, основанного на культурной идентификации.

Россия и Китай – две страны со своей уникальной историей, культурой, традициями и спецификой, поэтому наиболее разумной видится возможность взаимовыгодного сосуществования с учетом как правовых норм и порядков каждого из государств, так и общепринятых международных основ.

Библиографический список

1. Стрельник, В. А. Таможенное оформление и таможенный контроль / В. А. Стрельник // Внешнеэкон. бюл. 1999. № 7. С. 58–59.

S. A. Koroleva, A. K. Vladyko

RISKS ANALYSIS OF THE FOREIGN TRADE TRANSACTIONS BETWEEN RUSSIA AND CHINA

The risks of the foreign trade transactions in the system of economic activity between Russia and China are considered. Recommendations about conducting the foreign trade transactions with China to increase its efficiency are resulted.

Keywords: risk, foreign trade transactions.

© Королева С. А., Владыко А. К., 2009

УДК.339.5

А. К. Владыко

АНАЛИЗ ОБЩИХ ТЕНДЕНЦИЙ ВНЕШНЕТОРГОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И КИТАЯ

Рассматриваются тенденции внешнеторгового сотрудничества между Россией и Китаем в системе рыночных отношений. Приводятся предложения по внешнеторговому сотрудничеству с целью повышения эффективности двусторонних взаимовыгодных отношений.

Ключевые слова: тенденции, внешняя торговля, сотрудничество.

Актуальность данной работы определяется многообразием форм внешнеторгового сотрудничества между Россией и Китаем, настоятельной необходимостью их глубокого анализа и разработки новых подходов к расширению торговли в системе рыночных отношений. В качестве объекта выступает внешняя торговля России и Китая. Практическая значимость работы состоит в анализе

уже существующих тенденций и предложении новых потенциальных путей российско-китайского внешнеторгового сотрудничества целью повышения его эффективности.

В настоящее время в числе внутренних факторов оптимизации баланса торгово-экономических интересов России и Китая необходимо учитывать аспекты общнос-

ти и специфики двух стран, которые способствуют или, наоборот, затрудняют на практике реализацию известной концепции взаимодополняемости экономических комплексов этих двух стран.

К основным элементам общности относятся следующие [1]:

а) переходный характер экономики – от планово-административной зависимости производителя от государства к регулируемой государством рыночной форме соединения и движения факторов производства;

б) исторические предпосылки плодотворного в целом экономического сотрудничества;

в) большая протяженность общей границы и вытекающие из этого торгово-транспортные, коммуникативные и другие возможности;

г) иные геоэкономические и геополитические факторы, объективно сближающие наши государства в исторически новых условиях многополярного мира [1].

К элементам специфики, способствующим реализации концепции взаимодополняемости, относятся следующие (см. таблицу) [1]:

Очевидно одно: развитие экономических отношений между Россией и Китаем неизбежно.

Ни для кого не является секретом тот факт, что быстрорастущей экономике Китая нужны источники сырья, энергии и безопасные транспортные пути.

Китайские специалисты констатируют: «Россия является партнером Китая с огромными потенциальными возможностями. 70 % российского экспорта сейчас приходится на нефть, нефтепродукты и лес» (URL: <http://www.vostokmedia.com>).

Что касается китайского экспорта в Россию, то по данным китайской таможенной статистики за 2007–2008 гг., главными его статьями в указанный период являлись товары народного потребления (см. рисунок):

1) обувь и головные уборы – 1, 061 млрд долларов;

2) текстильное сырье и изделия – 3,26 млрд долларов;

3) продукция машиностроения и электроники, аудио- и видеоаппаратура – 2, 008 млрд долларов;

4) изделия из кожи и меха изделия из кожи и меха – 2,532 млрд долларов;

5) продукция растениеводства – 0,275 млрд долларов» (URL: <http://www.vostokmedia.com>).

Таким образом, торговля между Россией и КНР характеризуется ростом внешнеторгового оборота и объемов экспортных операций; ростом объемов по основным товарным позициям в структуре экспорта страны; неравнозначностью экспортно-импортных позиций.

Российским экспортерам приходится признать, что Россия окончательно превратилась в сырьевой придаток и рынок сбыта бурно развивающейся китайской экономики. Китайский рынок уже практически полностью потерян для российских товаров с высокой добавленной стоимостью. Сырая нефть и круглый лес доминируют в объемах российского экспорта. Приятное исключение составляет продукция химической промышленности, которая пока востребована в Китае. При этом китайские партнеры фактически диктуют российским компаниям-экспортерам цены, по которым согласны приобретать нашу продукцию.

«Китай энергонезависим, но в состоянии заместить российский газ или мазут углем, запасы которого в КНР огромны. У нас же выбора не остается. Без китайских контрактов мы не сможем решить задачу диверсификации экспорта энергоресурсов, чтобы не быть привязанными исключительно к европейскому рынку», – сделал неутешительный вывод глава российско-китайского центра торгово-экономического сотрудничества Сергей Санаков (URL: <http://www.ecolife.krsk.ru/content.asp?id=391>).

«Сырьевой экспорт – это центральная часть торговых отношений с КНР, – говорит президент Института энергетической политики Владимир Милов, – Теоретически мы

Элементы специфики внешнеторговой деятельности России и КНР

Россия	Китай
Сокращение экспортного потенциала в результате дезинтеграции СССР.	Демографическая проблема: перенаселенность, избыточность трудовых ресурсов, в частности, в граничащих с РФ районах.
Недостаточно современная по основной массе составляющих, невыгодная структура российского экспорта, характеризующаяся, в частности, стратегией экспорта энергоносителей и других невосполнимых природных ресурсов, сырья и товаров с низкой добавленной стоимостью.	Ресурсно-сырьевая проблема, которая подталкивает Китай к импорту сырья и продукции его переработки из России.
Кризисное состояние отечественной инвестиционной сферы, не позволяющее без поддержки извне своевременно внедрять современные технологии в производство и выпускать в массовом порядке конкурентную продукцию.	Проблема интенсификации экономического роста, высокие темпы которого пока достигаются преимущественно на экстенсивной основе, при низкой производительности живого труда, высокой энерго- и фондоемкости продукции.
Перенасыщенность российского рынка импортными потребительскими товарами, отсутствие достаточного государственного стимулирования отечественного производителя.	Проблема качества экспортируемой продукции, неполного соответствия ее мировым стандартам.
Относительно низкая себестоимость российской наукоемкой продукции по сравнению с западной	Ужесточение позиции некоторых стран Запада по поводу условий передачи Китаю ноу-хау и высокотехнологичного оборудования.
	Ряд технологических преимуществ российского оборудования перед западным на китайском рынке [1]

можем к 2010 г. увеличить экспорт энергоресурсов в Китай на сумму 6...11 млрд долларов. Однако есть серьезная проблема – китайцы готовы платить за наши ресурсы цену практически в два раза ниже, чем та, по которой нам выгодно их туда поставлять. Подобная же проблема существует и с экспортом нефти. Сейчас ежегодный объем поставок России в КНР черного золота не превышает 10 млн т в год, тогда как реально к 2010 г. можно достичь цифры в 20 млн т». По словам В. Милова, для этого необходимо создать соответствующую инфраструктуру, имеются, к примеру, проекты строительства нефтепровода Россия–КНР с ответвлением к Тихому океану, продолжать активнее осваивать восточносибирские месторождения. «Что касается поставок газа в КНР, то проблема опять-таки упирается в отсутствие договоренности о цене. Поставку можно начать хоть сейчас и довести объем экспорта газа в стоимостном выражении до 3 млрд долларов в год к 2012 г.» (URL: <http://www.vostokmedia.com>).

В последние годы в торгово-экономическом сотрудничестве России и Китая наметилась благоприятная тенденция, касающаяся структуры товарооборота: она медленно, но постепенно начала меняться. Растет доля машинно-технической производственной продукции. Структура российского экспорта также изменилась: в Китай поставляется не только сырье, но и высокотехнологичная продукция. Кроме того, правительством предполагается одобрить программу развития российско-китайского сотрудничества до 2010 г., предусматривающую дальнейшую диверсификацию российского экспорта в сторону увеличения поставок высокотехнологичной продукции.

Еще одним важным аспектом взаимодействия двух стран является инвестиционное сотрудничество и реализация, совместных проектов, одним из которых, например, является строительство Китайского делового центра в Москве. Так, 2 декабря 2006 г. генеральный директор Китайской международной инвестиционной компании «Хуамин» Му Хуадун и директор главного ботанического сада РАН Александр Демидов подписали в московской мэрии соглашение об аренде участка земли на территории главного ботанического сада РАН для проекта «Китайский деловой центр в Москве». На церемонии подписания присутствовали посол КНР в России Лю Гучан, председатель комитета по внешнеэкономической деятель-

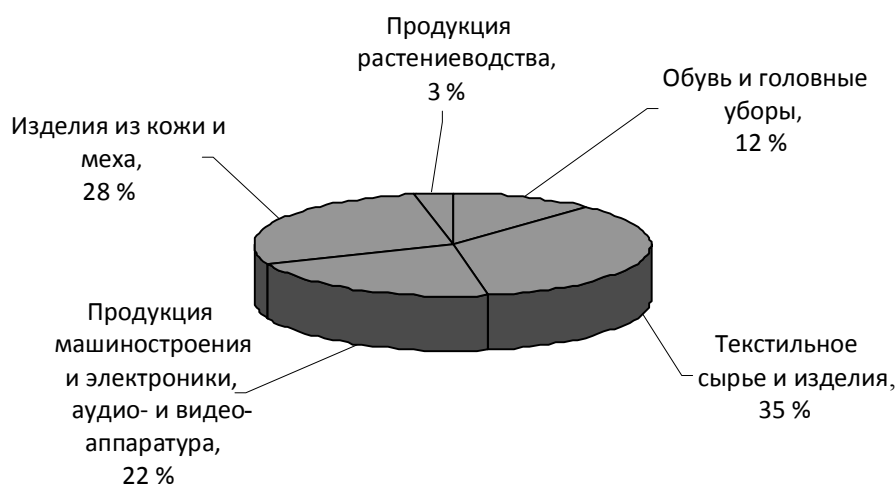
ности Москвы Валерий Кузин, председатель правления российско-китайского центра торгово-экономического сотрудничества Сергей Санаков, а также представители китайских и российских деловых кругов и СМИ. Этот совместный проект, отражающий высокий уровень отношений двух стран, не только поможет углубить китайско-российское сотрудничество во всех сферах, но и укрепит дружбу и взаимопонимание между народами двух стран. Планируется, что комплекс будет включать в себя пятизвездочную гостиницу, офисное здание класса «А», современный выставочный центр, торговый комплекс, сад-парк в традиционном китайском стиле.

Такому шагу благоприятствовало проведение Года России в Китае, что вызвало несомненный интерес у китайской стороны, как заявил в своем выступлении торговый представитель РФ в Китае Сергей Цыплаков, «между Россией и Китаем растет не только интерес, но и товарооборот» (URL: http://ru.ruschina.net/news/page_13038/rch/lkjhhg/).

Вместе с тем эксперты предупреждают, что хорошие с виду показатели скрывают серьезные проблемы. Эксперты указывают на то, что нынешний рост товарооборота продолжает идти за счет увеличения поставок российских энергоносителей. И это далеко не единственная проблема. «За последнее время ежегодный уровень прироста торгового оборота РФ и КНР составлял примерно 30 %. В этом году наблюдается снижение темпов, – сказал Сергей Санаков. – К сожалению, даже этот рост обеспечен не просто увеличением поставок энергоносителей, но и ростом цен на сырье. Необходимо уделять внимание не столько увеличению объемов торговли, сколько увеличению доли в экспорте в Китай машинно-технической, высокотехнологичной продукции» (URL: <http://www.ecolife.krsk.ru/content.asp?id=391>).

Причина такого положения, по мнению президента Института энергетической политики, – это активная лоббистская политика китайских властей и крайне пассивное поведение российской стороны.

Таким образом, России нужна четкая государственная стратегия, которая бы позволила использовать возможности Китая в своих интересах. Для того чтобы достигнуть этой цели, необходимо, во-первых, остановить экспансию китайцев-торговцев на российский рынок,



Состав китайского экспорта в Россию за 2007–2008 гг.

расширить свои рынки и производственные мощности, активно привлекая инвестиции из Китая, закрепиться на этих рынках за счет собственных технологических инноваций. Для этого необходимо предпринимать следующее:

- осваивать узкие ниши специализированной труднокопируемой техники;
- придумывать способы защиты технических решений;
- загружать китайцев заказами на комплектующие, превращая их из конкурентов в подрядчиков;
- покупать китайские промышленные активы [2].

Развитие экономических отношений между Россией и Китаем неизбежно, и главной задачей здесь является

совмещение экономических возможностей и стратегических интересов с соблюдением правовых норм обеих сторон.

Библиографический список

1. Карлусов, В. Внешнеэкономические связи России и Китая: баланс интересов и совершенствование механизма организации / В. Карлусов // Проблемы Дальнего Востока. 1999. № 3. С. 35–36.
2. Как нам победить Китай // Эксперт. 2008. № 13. С. 82–83.

A. K. Vladyko

ANALYSIS OF GENERAL TENDENCIES OF THE FOREIGN TRADE COOPERATION BETWEEN RUSSIA AND CHINA

The tendencies of the foreign trade cooperation between Russia and China in the system of market economy are considered. The offers for the foreign trade cooperation to increase the efficiency of two side advantageous relations are resulted.

Keywords: tendencies, foreign trade, cooperation.

© Владыко А. К., 2009

УДК: 502.7(57151)

Л. В. Калягина, Н. И. Пыжикова

СОХРАНЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРАЯ – СОХРАНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рассматриваются критерии устойчивого развития края, где главным и определяющим фактором является сохранение благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала. Отмечено, что устойчивость муниципальных образований в первую очередь зависит от стабильности численности населения и его здоровья.

Ключевые слова: здоровье населения, контроль, государственное регулирование, охрана окружающей среды, экологические платежи.

Опираясь на понятия классической экономической теории, следует отметить, что ключевыми условиями (факторами) экономического развития являются труд, земля, природные ресурсы, капитал. Любая развитая в экономическом отношении страна помимо этих условий создает собственными производительными силами другие факторы, такие как научно-техническая база производства, коммуникационная инфраструктура, высококвалифицированные кадры. Причем нередко в регионах (или стране в целом) именно последние являются решающими, особенно при ограниченности, например, природного сырья или трудовых ресурсов, но хорошо развитой транспортной системе и местоположении региона (страны) на транзитных направлениях экономических связей. В совокупности эти условия составляют стратегический потенциал региона (страны в целом).

В Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию, утвержденной Указом Президен-

та РФ от 01.04.1996 г. № 440, под устойчивым развитием общества следует понимать развитие, «...обеспечивающее сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей». Главным и определяющим здесь является условие сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала Земли. Устойчивость муниципального образования как системы определяется рядом экономических, социальных и экологических факторов. Устойчивость системы тем выше, чем меньше она зависит от внешних факторов. Если рассматривать типы воздействий на систему, то их следует разделить на внутренние, действующие на элементы системы, и внешние, направленные на внешние границы системы. При таком подходе можно предложить следующую

классификацию критериев, включающую три основные группы: экологические, экономические и социальные критерии.

1. Экологические критерии.

1.1. Качество окружающей среды согласно гигиеническим и экологическим нормативам (качество атмосферного воздуха, питьевой воды; наличие шума, электромагнитных полей; наличие рекреационных зон).

1.2. Обеспеченность экономики и социальной сферы ресурсами (минеральным сырьем; водой; пашнями; лесом; водными объектами как приемниками сточных вод; атмосферой как приемником выбросов; землей для размещения отходов).

Показатели качества окружающей среды непосредственно влияют на состояние здоровья населения, на привлекательность данной территории для проживания. Мы видим, что многие критерии взаимосвязаны: качество атмосферного воздуха и атмосфера как приемник выбросов; качество питьевой воды и водные объекты как приемник сточных вод; рекреационные зоны с одной стороны и пашни и земли для размещения отходов с другой.

2. Экономические критерии.

2.1. Зависимость от внешних источников сырья.

2.2. Зависимость от внешних источников энергии.

2.3. Зависимость от внешних источников рабочей силы.

2.4. Зависимость от внешних потребителей продукции.

2.5. Зависимость от внешних потребителей отходов.

Для устойчивости системы важны не столько абсолютные показатели (например, потребление электроэнергии) и даже не удельные значения (потребление электроэнергии на одного жителя или на рубль произведенной продукции), сколько самообеспечение, например, процент от потребляемой электроэнергии, который может быть произведен непосредственно на ее территории. При

этом если производство электроэнергии осуществляется за счет использования минерального сырья, то взамен зависимости от поставок энергии мы получаем зависимость от поставок сырья. И только производство энергии за счет использования возобновляемых ресурсов (солнечной энергии, ветерка, гидроресурсов) уменьшает эту зависимость почти до нуля (появляется зависимость от погодных условий).

3. Социальные критерии:

3.1. Реальные доходы населения.

3.2. Продолжительность жизни.

3.3. Рождаемость.

3.4. Смертность.

3.5. Показатели здоровья.

3.6. Занятость населения.

3.7. Осознание населением экологических проблем.

3.8. Готовность населения на самоограничения по экологическим причинам.

Следует также отметить, что устойчивость муниципального образования в первую очередь зависит от стабильности численности населения и его здоровья. В Красноярском крае состояние окружающей среды внушает опасения, так как загрязнение окружающей среды химическими веществами оказывает негативное влияние в первую очередь на здоровье населения края, обуславливая распространение экологически зависимых заболеваний и вызывая нарушение функции различных органов и систем жизнедеятельности человека. Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в концентрациях, превышающих гигиенический норматив, наблюдается по следующим ингредиентам [1]:

- взвешенным веществам в городах Ачинске (3,0 ПДК), Красноярске (1,6 ПДК), Норильске (0,99 ПДК);
- диоксиду серы в Норильске (3,5 ПДК);

Таблица 1

Уровень смертности населения Красноярского края
в зависимости от загрязнения атмосферного воздуха (2002–2007 гг.)

Класс болезни, нозологическая форма	Год					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Случаев на 1 000 человек, %						
Болезни крови и кроветворных органов	2,8	3,1	3,4	3,6	4,2	4,6
Болезни эндокринной системы сахарный диабет	7,7 1,1	7,6 1,1	7,8 1,3	7,9 1,4	11,6 1,6	11,2 1,6
Болезни нервной системы	11,1	12,3	14,1	14,3	16,7	17,7
Болезни системы кровообращения	17,7	20,6	26,1	26,9	32,0	35,2
болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	4,6	5,2	6,9	7,2	8,6	9,1
ишемическая болезнь сердца	3,8	3,9	5,5	5,6	6,3	5,3
острый инфаркт миокарда	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9
цереброваскулярные болезни	3,8	4,8	7,2	7,2	7,8	6,1
Болезни органов дыхания	256,2	258,8	260,9	260,7	257,8	271,4
аллергический ринит	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0
астма, астматический статус	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	1,0
Беременность, роды и послеродовой период	12,1	13,8	15,7	13,9	14,7	15,6
Злокачественные новообразования, случаев на 100 000 чел.,						
Всего	264,8	266,5	277,7	295,9	285,3	294,1
в том числе трахеи, бронхов, легкого	42,2	39,4	37,2	40,2	40,2	42,6

- диоксиду азота в Ачинске (1,17 ПДК);
- фенолу в Норильске (1,13 ПДК);
- формальдегиду в Красноярске (2,23 ПДК), Лесосибирске (1,8 ПДК), Минусинске (1,1 ПДК), Назарове (1,7 ПДК), Норильске (6,3 ПДК);
- бенз(а)пирену в Ачинске (2,5 ПДК), Канске (4,9 ПДК), Красноярске (5,9 ПДК), Лесосибирске (1,7 ПДК), Минусинске (3,8 ПДК), Назарове (2,7 ПДК);
- сероуглероду в Красноярске (1,1 ПДК).

Рассмотрим данные об изменении здоровья населения под воздействием загрязняющих атмосферный воздух выбросов промышленных городов Красноярского края (табл. 1). Для составления этой таблицы использованы среднегодовые данные, собранные территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения окружающей среды (Среднесибирское УГМС).

Анализ представленных данных показывает, что уровень заболеваемости населения Красноярского края экологически обусловленными болезнями на протяжении 2002–2007 гг. имеет тенденцию роста по всем классам заболеваний. Так, в 2007 г. по сравнению 2002 г., темпы прироста уровня заболеваемости населения по различным классам болезней составили от 28,9 до 98,8 %. Наибольший темп прироста отмечается по классу болезней системы кровообращения (98,8 %), в большей степени за счет болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением (уровень заболеваемости увеличился в 2 раза). В 2007 г. по сравнению с 2006 г. снизился уровень заболеваемости населения края болезнями эндокринной системы, по другим классам болезней отмечается рост заболеваемости. В течение 2002–2007 гг. наблюдается рост заболеваемости населения злокачественными новообразованиями (темп прироста составил 11,1 %).

Уровень заболеваемости детей в возрасте до 14 лет аналогичными экологически зависимыми болезнями в несколько раз выше уровня заболеваемости совокупного населения края: болезнями органов дыхания в 3,6 раза, в том числе аллергическими ринитами в 2,8 раза, астмой в 2,3 раза; болезнями крови и кроветворных органов в 3,2 раза, болезнями нервной системы в 2,1 раза.

В 2007 г. в Лесосибирске чаще, чем в других городах Красноярского края и в целом по краю, среди населения регистрируются случаи (число случаев на 1 000 человек) болезней крови и кроветворных органов (11,3 % при краевом показателе 4,6 %), болезней системы кровообращения (95,8 % при краевом показателе 32,0 %). Болезни эндокринной системы чаще регистрируются среди населения Минусинска (15,1 % при краевом показателе 11,2 %). Болезни нервной системы чаще регистрируются среди населения Ачинска (34,5 % при краевом уровне 17,7 %). По классам «Болезни органов дыхания» и «Беременность, роды и послеродовый период» лидирует Норильск: 374,0 % и 23,4 % соответственно. Неблагополучным по заболеваемости населения злокачественными новообразованиями на протяжении последних трех лет является Назарово (число случаев на 100 000 человек): уровень заболеваемости населения составляет 499,2 при краевом показателе 294,1.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно отметить следующее:

1. Характер загрязнения воздушной среды населенных мест Красноярского края в 2007 г. оценивается как интенсивный и многофакторный. В атмосферном воздухе жилых территорий городов Ачинска, Канска, Лесосибирска, Минусинска, Красноярска и Норильска 95,3 % от объемов валовых выбросов составляют вещества 3–4 класса опасности; 2,8 % – вещества 1–2 класса опасности для здоровья человека.

2. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах Норильске и Красноярске, формирующийся за счет выбросов предприятий автотранспорта, характеризуется как «очень высокий» и «высокий».

3. Величина неканцерогенного риска здоровью населения от воздействия загрязненного атмосферного воздуха в крупных промышленных городах Красноярского края превышает допустимый уровень от $HQ = 7,16$ в Минусинске до $HQ = 16,77$ в Норильске.

4. Сложившиеся уровни загрязнения атмосферного воздуха городов края бенз(а)пиреном формируют предельно допустимый канцерогенный риск для населения городов Ачинска, Канска, Красноярска, Минусинска, Назарово, приемлемый – для населения Лесосибирска, Норильска. Популяционный канцерогенный риск является недопустимым для населения Красноярска.

5. В целом санитарно-эпидемиологическая обстановка на территории промышленных городов Красноярского края (Красноярска, Норильска, Ачинска, Назарово, Минусинска) оценивается как неблагоприятная.

В 2007 г. государственный экологический контроль осуществлялся в двух уровнях: федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъекта Российской Федерации:

Федеральные органы исполнительной власти, осуществлявшие государственный экологический контроль, представлены тремя федеральными структурами: Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору; Министерством природных ресурсов России; Министерством сельского хозяйства России.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. На территории края эту службу представляет Енисейское межрегиональное территориальное управление технологического и экологического надзора Ростехнадзора (ЕМТУ Ростехнадзора), в компетенцию которого входит государственный экологический контроль в сфере охраны окружающей среды в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия в следующих областях:

- охраны атмосферного воздуха;
- обращения с отходами производства и потребления;
- соблюдения законодательства при экологической экспертизе.

Государственный технологический надзор и контроль осуществляется:

- за деятельностью организаций, поднадзорных Службе и аккредитованных Службой;
- в сфере безопасного ведения работ, связанных с рациональным использованием и охраной недр;
- в сфере промышленной безопасности;
- в сфере безопасности производства, транспортирования, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения.

Кроме основных функций в соответствии с утвержденными полномочиями, Енисейское межрегиональное территориальное управление Ростехнадзора является администратором платы за негативное воздействие на окружающую среду и осуществляет контроль за правильностью исчисления, полнотой и своевременностью внесения платы природопользователями за негативное воздействие на окружающую среду.

Министерство природных ресурсов России. На территории Красноярского края эту службу представляет управление федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) по Красноярскому краю. Управлению определены функции государственного экологического контроля в следующих областях:

- охраны, использования и воспроизводства объектов животного мира и среды их обитания (кроме объектов охоты и рыболовства);
- сохранения биологического разнообразия;
- организации и функционирования особо охраняемых природных территорий федерального значения;
- использования и охраны водных объектов и безопасности гидротехнических сооружений.

Министерство сельского хозяйства России. На территории Красноярского края эту службу представляет территориальное управление Россельхознадзора по Красноярскому краю в области государственного контроля за объектами охоты и рыболовства.

Орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации представляет Совет администрации Красноярского края, контрольную деятельность которого исполняют следующие службы:

- служба по контролю в сфере природопользования администрации Красноярского края;
- служба по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания администрации Красноярского края (Постановление Совета администрации Красноярского края от 24.12.2007 г. № 499-п);
- Краевое государственное учреждение «Дирекция по ООПТ» администрации Красноярского края.

По итогам 2007 г. в ходе контрольных мероприятий (табл. 2) было выявлено 1 850 нарушений природоохранного законодательства (в 2006 г. – 1 682), привлечено к административной ответственности 472 нарушителя на общую сумму 2 684,5 тыс. руб., взыскано штрафных санкций (с учетом ранее предъявленных) на сумму 2 738,0 тыс. руб.

Администрирование поступления платы за негативное воздействие на окружающую среду (далее – плата) в 2007 г. осуществлялось во исполнение Федерального закона «О федеральном бюджете на 2007 г.» от 19 декабря 2006 г. № 238-ФЗ и в соответствии с приказом Ростехнадзора от 6 апреля 2007 г. № 207 «О распределении полномо-

чий по администрированию платы за негативное воздействие на окружающую среду», согласно которому полномочия были распределены между территориальными управлениями Ростехнадзора и филиалами Федерального государственного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений».

На территории Красноярского края, поднадзорной Енисейскому межрегиональному территориальному управлению технологического и экологического надзора Ростехнадзора (далее – БМТУ Ростехнадзора), функции по администрированию платежей в 2007 г. осуществлялись экологическим надзором ЕМТУ Ростехнадзора, обслуживающим природопользователей красноярской группы городов и районов, а также структурными подразделениями, осуществляющими государственный экологический надзор за деятельностью предприятий и организаций, расположенных на закрепленных за ними территориях:

- межрайонными группами государственного экологического контроля (далее – МРГ) – Ачинской, Канской, Лесосибирской и Минусинской;
- отделами государственного экологического контроля Норильского промышленного района (Норильский ПР) и Эвенкийского муниципального района.

Функции администраторов платы за негативное воздействие на окружающую среду включают в себя:

- контроль за правильностью исчисления, полнотой и своевременностью уплаты природопользователями в бюджет платежей, пеней и штрафов по ним;
- учет начисленных и поступивших сумм платы, а также штрафов, пени по ним, учет средств от лицензионных сборов, госпошлин и денежных взысканий за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды, поступающих через органы Федерального казначейства по Красноярскому краю и распределенных по уровням бюджетов в соответствии с законодательством;
- взыскание задолженности по плате, пени и штрафам;
- принятие решений о возврате (зачете) излишне уплаченных платежей, пени, штрафов;
- доведение до плательщиков реквизитов счетов, открытых территориальными органами Федерального казначейства для учета соответствующих платежей, и порядка заполнения платежных поручений на перечисление соответствующих средств в бюджет.

Филиал Федерального государственного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений» по Красноярскому краю в соответствии с приказом ЕМТУ Ростехнадзора от 22 мая 2006 г. № 63 и Временным регламентом совместной работы по администрированию платы взял на себя определенные полномочия, связанные с контролем по использованию предприятиями-при-

Таблица 2

Основные показатели государственного экологического контроля

Показатели	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Количество проверок природоохранной деятельности предприятий	1 689	636	323	480	633	467	635	460
Выявлено нарушений	2 205	833	464	809	907	1 216	1 682	1 850

родопользователями результатов аналитического контроля при расчете фактических масс загрязняющих веществ и размещаемых отходов, а также проверкой правильности определения масс загрязняющих веществ (ЗВ) природопользователей, имеющих сбросы в водные объекты и выбросы ЗВ в атмосферный воздух в пределах временно согласованных выбросов (ВСВ).

По итогам фактической деятельности за 2007 г., сумма платы, исчисленная природопользователям Красноярского края, составила 1 493 237,9 тыс. руб. (табл. 3).

На размеры платежей существенно влияет наличие сверхлимитной платы, которая в большинстве случаев является показателем неудовлетворительного выполнения природопользователями требований природоохранного законодательства в части своевременного оформления разрешительной документации на сбросы, выбросы ЗВ, размещение отходов, а также соблюдения установленных нормативов воздействия на окружающую среду. В общей сумме платежей за негативное воздействие на окружающую среду за 2007 г. сверхлимитная плата составляет 147 154,4 тыс. руб., или 9,85 %. Для сравнения: в 2006 г. доля сверхлимитной платы составляла 30,4 % в общей сумме платежей. Наибольшая доля сверхлимитной платы приходится на плату за сбросы ЗВ в водные объекты – 43,5 % и плату за размещение отходов – 43,6 % от общей суммы сверхлимитной платы. Эффективность работы очистных сооружений в отдельных регионах края остается низкой, а необходимые водоохранные мероприятия, связанные с модернизацией и строительством очистных сооружений, не выполняются. Наиболее высокую долю сверхлимитных платежей за сбросы ЗВ в водные объекты в 2006 г. имели природопользователи Красноярска (ОАО «Енисейский ЦБК»), Лесосибирска, Железногорска, а также Рыбинского, Назаровского, Канского районов.

Общее число плательщиков увеличилось в 2007 г. до 9447 (в 2006 г. – 7 873). Количество крупнейших плательщиков осталось без изменения, количество крупных объектов негативного воздействия (с годовой суммой платы от 1 до 10 млн руб.) увеличилось по сравнению с 2006 г. на 10. Размер начисленной платы восьми крупнейшим природопользователям составил 82,6 % от общей годовой платы по краю за негативное воздействие на окружающую среду, доля мелких 9 112 природопользователей составила всего 3,1 %.

С 1.01.2005 г. плата за негативное воздействие на окружающую среду зачисляется в доход бюджета. Ростехнадзор, как администратор поступления платы в бюджет,

утвердил территориальным подразделениям плановые задания поступления платы в бюджетную систему на 2007 г. в общем объеме 445,0 млн руб. При формировании плановых показателей учитывались суммы корректировки платы при условии выполнения всех природоохранных мероприятий в 2007 г.

В 2007 г. платежи природопользователей края, в соответствии с законодательством, поступали на счет Управления федерального казначейства по Красноярскому краю и распределялись по уровням бюджетов: 20 % в доход федерального бюджета и по 40 % – в краевой и местный бюджеты.

Всего в 2007 г. природопользователями Красноярского края перечислено в бюджетную систему 582 493,4 тыс. руб. платы за негативное воздействие на окружающую среду. Выполнение установленного Ростехнадзором планового показателя в целом по региону (с учетом поступлений Республики Тыва) было обеспечено на 132,6 % (табл. 4).

Поступление экологических платежей в бюджеты всех уровней края составило в 2007 г. 582 493,3 тыс. руб. Поступление платежей в бюджет по некоторым городам и районам составило очень низкую долю от начисленной платы – 11,5 % (Козульский район), 13,75 % (Норильск), 14,26 % (Енисейск). Низкое поступление платы в бюджет, особенно по территориям, имеющим крупнейших плательщиков объясняется корректировкой планируемой на 2007 г. платы.

Главным распорядителем средств поступающих в бюджет Красноярского края, является Агентство природопользования администрации Красноярского края. Всего на выполнение природоохранных мероприятий в 2007 г. было выделено средств: по Закону о краевом бюджете – 85 094,7 тыс. руб., общая сумма по контрактам – 85 030,3 тыс. руб., профинансировано – 84 465,5 тыс. руб. На погашение кредиторской задолженности прошлых лет по природоохранным предприятиям использованы средства в размере 100 800 руб. На обеспечение деятельности службы по контролю в сфере природопользования администрации Красноярского края израсходована сумма в размере 11 480 тыс. руб.

В 2008 г. приоритетной задачей для Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору было совершенствование деятельности по обеспечению экологической безопасности, предотвращению негативного воздействия предприятий на окружающую среду и ликвидации экологического ущерба, связанного с

Таблица 3

Структура фактических платежей за 2007 г. по видам негативного воздействия

Виды негативного воздействия	Сумма платы за год, всего (тыс. руб.)	% от общей суммы платы
Выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников	775 264,31	51,93
Выбросы в атмосферный воздух от передвижных источников	5 149,82	0,34
Сбросы в водные объекты	90 085,2	6,03
Размещение отходов	622 738,56	41,7
Итого по всем видам деятельности	1 493 237,86	100

прошлой хозяйственной деятельностью. На период 2008–2010 гг. разработаны мероприятия, нацеленные в первую очередь на ликвидацию экологического ущерба, связанного с хозяйственной деятельностью населения края. Мероприятия осуществляются по трем направлениям.

Первое – совершенствование правовых и инвестиционных механизмов путем разработки законодательных и иных нормативных правовых актов, предусматривающих определение понятия «экологический ущерб» как правового института; стимулирование предотвращения текущего загрязнения; совершенствование функций земельного контроля; регламентацию использования средств инвестиционного фонда; разработку методик инвентаризации, критериев ранжирования, порядка формирования реестра загрязненных территорий, методики оценки экономической эффективности реализации инвестиционных проектов по ликвидации экологического ущерба.

Второе – комплексная оценка накопленного экологического ущерба путем инвентаризации, ранжирования, оценки загрязненных объектов и территорий, формирование реестра загрязненных территорий, а также информационного ресурса об экологическом ущербе.

Третье – проведение уже в ближайшие годы работ по ликвидации загрязнений на территориях и объектах, находящихся в кризисном экологическом состоянии.

С целью сохранения окружающей среды, обеспечения экологической безопасности населения Красноярского края распоряжением Совета администрации Красноярского края от 12.10.2007 г. № 1158-р утверждена ведомственная целевая программа «Охрана окружающей

среды в Красноярском крае на 2008–2010 гг.». Реализация программных мероприятий позволит создать условия для обеспечения конституционного права населения Красноярского края на благоприятную окружающую среду и получение объективной информации о ее состоянии, а также решить задачи создания системы и ведения государственного экологического мониторинга; снижения выбросов в атмосферный воздух; оптимизации обращения с отходами производства и потребления; сокращения сбросов загрязненных сточных вод; предотвращения негативного воздействия вод; сохранение биоразнообразия и регулирования использования объектов животного мира.

Учет вопросов экологии в планировании и управлении устойчивым развитием края, в проведении различного комплекса природоохранных и очистительных мероприятий с целью сохранения окружающей среды, обеспечения экологической безопасности населения Красноярского края, позволит сохранить здоровье населения края, не разрушить природную основу для воспроизводства жизни человека, сберечь трудовой потенциал края и привлекательность данной территории для проживания.

Библиографический список

1. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 г. // Министерство природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края. Красноярск, 2008. 266 с.

Таблица 4

Показатели поступления платы в бюджет в 2007 г., тыс. руб.

Наименование	План	Фактически поступило		Выполнение, %
		Всего	В федеральный бюджет	
Всего по региону	445 000,0	590 226,6	11 8045,3	132,6
Красноярский край	439 425,0	582 493,4	116 498,7	132,6
Республика Тыва	5 575,0	7 733,2	1 546,6	138,7
Районы Красноярского края				
Центральные и южные районы края	21 5180,0	425 659,1	85 131,8	197,8
Норильский ПР и Таймырский МР	220 190,0	150 004,8	30 001	68,1
Эвенкийский МР	4 055,0	6 829,5	1 365,9	168,4

L. V. Kalyagina, N. I. Pyzhikova

PROTECTION OF THE STEADY TERRITORY DEVELOPMENT – PROTECTION OF THAT SURROUNDING

The criteria of the steady development of the territory, where the protection of the favorable environment and natural-resource potential of territory is the main and determining factor are examined. It is noted, that the stability of municipal formations first of all depends on the stability of the population number and health.

Keywords: health of population, control, government control, environmental protection, ecological payments.

© Калягина Л. В., Пыжикова Н. И., 2009

С. В. Филько

ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЛИНГ ЗАТРАТ СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Анализируется существующая система управления затратами на судоремонтных предприятиях, выявляются ее недостатки. С учетом отраслевых особенностей предлагаются методы совершенствования контроллинга производственных затрат.

Ключевые слова: управление затратами, бюджетирование, контроллинг.

Управление промышленным предприятием в сложных реалиях современного общества, когда функционирование предприятия осуществляется в условиях жесткой конкурентной среде и общей стагнации российской экономики, требует пересмотра подходов к ведению бизнеса. На сегодняшний день ключевое значение вновь получил фактор эффективного управления затратами. Современная практика хозяйствования промышленных предприятий должна строиться на повседневной работе с затратами, направленной на их оптимизацию, что обеспечивает стабильность позиций на рынке и увеличение уровня рентабельности. В теории и практике решения указанной задачи наиболее перспективными являются инструменты контроллинга, ориентированного на комплексное управление производственной деятельностью.

При этом следует отметить, что методические аспекты функционирования системы контроллинга затрат, связанные с отраслевой спецификой, остаются слабо освещенными, что безусловно приводит к необходимости совершенствования и адаптации существующего управленческого инструментария. Это особенно важно при проведении судоремонтных работ, отличающихся повышенной сложностью по сравнению с работами, осуществляющимися на предприятиях прочих отраслей промышленности и характеризующихся постоянным развитием используемых технологий. Индивидуальный и инновационный характер производства не позволяет в полной мере использовать опыт прошлых лет, что повышает требования к планированию и контролю, их взаимосвязи при обосновании управленческих решений. В этой связи возрастает актуальность решения проблем управления затратами для каждого предприятия судоремонтной отрасли посредством адаптации существующих инструментов, выработанных западной школой контроллинга, адекватных российским условиям современных рыночных отношений.

Выбор инструментов управления затратами определяется главным образом спецификой отраслевой деятельности. Для того чтобы определиться с общим направлением формирования системы контроллинга, следует в первую очередь рассмотреть факторы, оказывающие влияние на изменение уровня производственных затрат судоремонтных предприятий.

Анализ данных факторов позволил сделать вывод о том, что по большей части они имеют внутреннее происхождение и являются регулируемыми. Наиболее значительное воздействие на уровень затрат оказывает ряд факторов, связанных с управлением и организацией про-

изводства. Это такие факторы, как квалификация персонала и его заинтересованность в оптимизации расходов, повышение качества планирования, учета и контроля затрат, совершенствование производственных процессов.

Следовательно, именно эти факторы снижения себестоимости следует учитывать в первую очередь при организации контроллинга затрат на судоремонтных предприятиях.

Выявленные факторы, влияющие на изменение затрат, тесно связаны с производственными и технологическими особенностями деятельности судоремонтных предприятий. Их также следует учитывать при формировании системы контроллинга и выборе инструментов управления. Исходя из этого проведен анализ отраслевых особенностей деятельности судоремонтных предприятий, позволивший определить требования к контроллингу затрат и оценить соответствие позаказного и процессно-ориентированного подхода специфике судоремонтных предприятий (см. таблицу).

Анализ данных таблицы показывает, что процессно-ориентированный подход значительно расширяет возможности управления затратами. Так, появляется возможность дополнительной группировки плановых и учетных данных по видам ремонта, субпроцессам, по рабочим специальностям – практически в любом разрезе, необходимым в целях управления. Значительно снижается вес накладных расходов, в условиях судоремонтных предприятий мало поддающихся управленческому воздействию. И самое главное, оперативность получения учетных данных и расчета стоимости заказа достигает оптимального уровня.

Таким образом, процессно-ориентированный подход, в отличие от позаказного метода, в большей мере учитывает специфические отраслевые особенности и полностью удовлетворяет сформулированным ранее требованиям к системе контроллинга. Следовательно, выбор необходимо остановить на нем.

Эффективность функционирования системы управления затратами зависит от качественных и количественных характеристик сведений о затратах. В результате изучения технологии выполнения судоремонтных работ были выделены признаки декомпозиции затрат, удовлетворяющие требованиям к системе контроллинга, сформулированным ранее (рис. 1).

Для выделения основных субпроцессов в судоремонтных работах следует определиться, какой критерий оптимальности необходимо использовать при декомпозиции данного вида затрат. При субпроцессном калькули-

ровании затрат основным критерием оптимальности декомпозиции является такое разбиение технологии судоремонтных работ, при котором вычлененные части – субпроцессы – обладают наименьшей степенью вариативности затрат на единицу времени использования субпроцесса для разных видов и объектов ремонта. Именно в этом случае ремонтные ведомости, являющиеся в судоремонтных предприятиях калькуляциями, рассчитанные на основе суммирования стоимости количества субпроцессов, включенных в эти ведомости, адекватно отразят стоимость каждого заказа, вне зависимости от типа ремонтируемого судна и вида ремонта.

Для осуществления контроля производительности труда и эффективного расхода материалов каждым работником необходима декомпозиция затрат по исполнителям.

Основываясь на передовом опыте промышленных предприятий, в качестве основного инструмента контроллинга затрат судоремонтных предприятий необходимо использовать бюджеты. Специфика процессно-ориентированного подхода отражается, главным образом, на операционном бюджете предприятия.

В структуре бюджетов судоремонтных предприятий основополагающим является бюджет производственных

субпроцессов. В нем, исходя из вида ремонта, который необходимо произвести в планируемом периоде по всем судам постоянных заказчиков, планируется количество нормо-часов по видам субпроцессов. Годовой бюджет производственных субпроцессов формируется на основании выведенных из статистической базы последних лет структуры субпроцессов судоремонтных работ в зависимости от видов ремонта. Объемы судоремонта по вероятным заказчикам планируются также исходя из статистической структуры субпроцессов. В квартальном и месячном бюджетах производственных субпроцессов объектом планирования является набор субпроцессов (пунктов ведомости) в разрезе выполняемых заказов. Единицей измерения служит трудоемкость (количество нормо-часов). Уточненные квартальные бюджеты составляются на основании утвержденных ремонтных ведомостей и календарного графика выполнения заказов.

На основе данных бюджетов производственных субпроцессов формируются бюджеты прямых производственных затрат и цеховых расходов. После получения фактических данных проводится их сравнение с плановыми (бюджетными). Методика контроллинга затрат судоремонтных предприятий на основе

Оценка соответствия позаказного и процессно-ориентированного подхода особенностям деятельности судоремонтных предприятий

Особенности деятельности судоремонтных предприятий	Факторы, оказывающие влияние на уровень судоремонтных затрат	Требования к контроллингу затрат	Соответствие предъявляемым требованиям	
			Традиционно применяемый (позаказный) подход	Процессно-ориентированный подход
Сложность технологического процесса	Совершенствование технологических и производственных процессов	Необходимость использования ограниченного количества показателей, описывающих процессы	– / +	+
Индивидуальный характер производства, большое количество разновидностей производственных операций		Унификация нормирования выполняемых работ	– / +	+
Большая разбросанность рабочих мест, невысокий удельный вес работ, выполняемых в производственных помещениях				
Высокая значимость времени, значительная сезонность работ (основной объем работ приходится на период с ноября по май)	Своевременное исполнение этапов работ	Обеспечение четкого контроля за исполнением промежуточных этапов ремонтных работ, необходимость мониторинга затрат не только за все время исполнения заказа, а ежемесячно и еженедельно	–	+
Важность экономного расхода материальных ресурсов	Мероприятия по экономному использованию материалов и сырья	Обеспечение возможности отнесения перерасхода ценностей на конкретного исполнителя	–	+
Высокая доля условно-постоянных затрат в себестоимости продукции	Совершенствование планирования и учета производственных затрат	Обоснованное распределение затрат, не относимых непосредственно на выполняемый заказ, на работы и услуги	– / +	+
Уточнение трудоемкости работ дефектованием в процессе ремонта судна		Необходимость обеспечения оперативного регулирования затрат	–	+

процессно-ориентированного подхода предполагает ряд этапов (рис. 2).

Сначала производится анализ статистической базы ремонтных ведомостей – объемы и номенклатура работ группируются по видам ремонта, типам судов и сроку эксплуатации. Затем на основе проведенного анализа выявляются закономерности, позволяющие в дальнейшем планировать ремонтные работы по каждому судну.

Далее производится выделение из технологии судоремонта основных производственных субпроцессов. Критерием оптимальности декомпозиции при этом служит наименьшая степень вариативности затрат для разных видов и объектов ремонта. В дальнейшем определяются нормативные значения расхода материальных, трудовых и прочих ресурсов для выполнения конкретного производственного субпроцесса, и исходя из прогнозируемых цен на материалы, стоимости энергетических ресурсов и тарифных ставок и окладов производственных рабочих рассчитывается стоимость субпроцессов. Затем на ос-

нове ожидаемых заказов планируются объемы и структура ремонтных работ, на весь период судоремонта составляется календарный график выполнения заказов и формируются операционные бюджеты предприятия.

По мере накопления учетной информации выявляются отклонения фактических затрат от нормативных по субпроцессам и от запланированных бюджетных показателей, определяются причины данных отклонений и применяются меры управленческого воздействия.

Описываемая методика процессно-ориентированного контроллинга затрат обеспечивает возможность аналитической обработки по заказам, по видам ремонтов, по видам субпроцессов, по субпроцессам, по рабочим специальностям, по рабочим местам и исполнителям. Аналитические таблицы по перечисленным видам группировок для судоремонтного предприятия могут включать в себя тысячи цифр, что затрудняет мониторинг затрат. Решение этой проблемы – использование ключевых показателей, характеризующих стоимость производ-

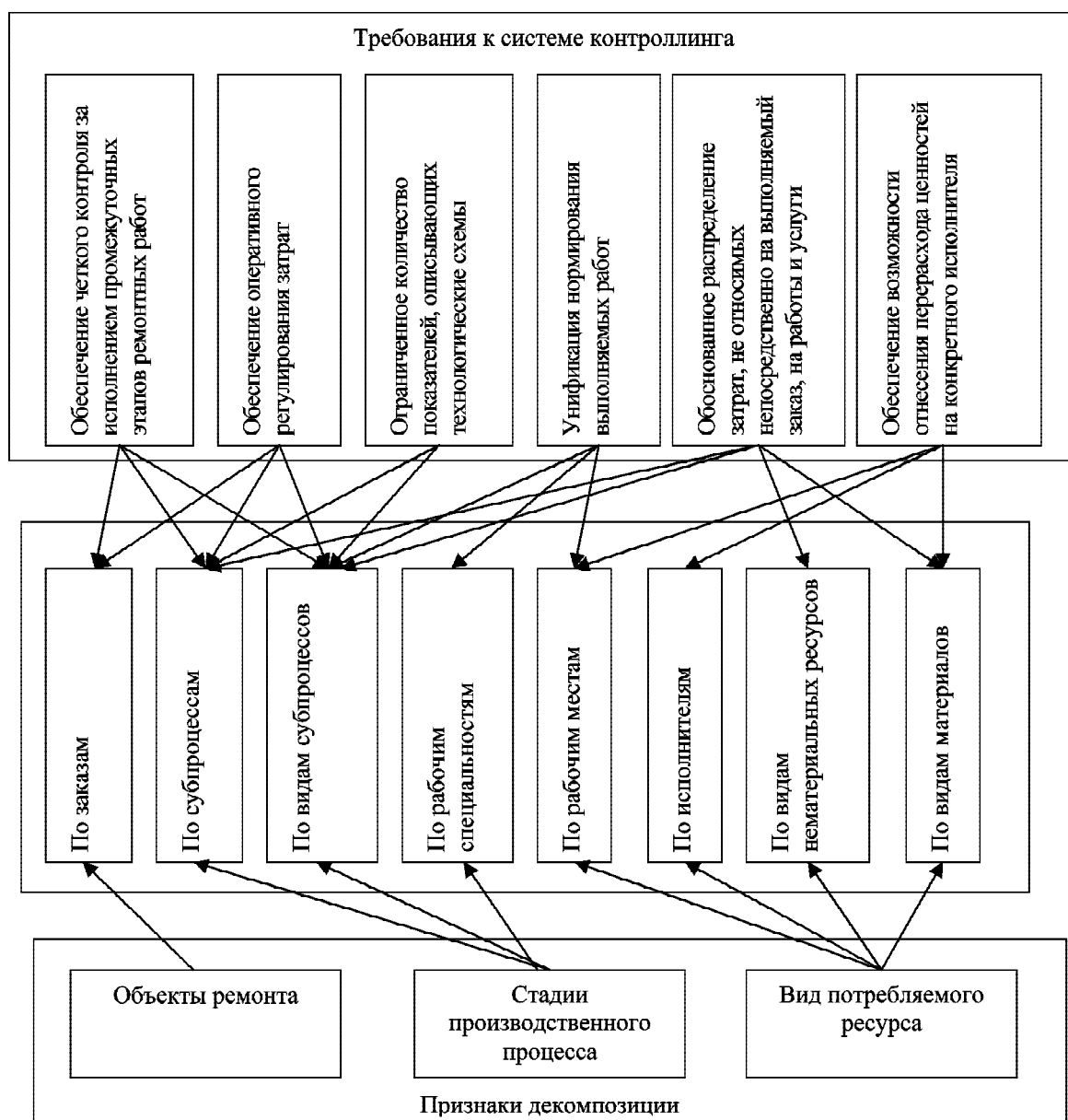


Рис. 1. Виды производственных затрат и признаки их декомпозиции

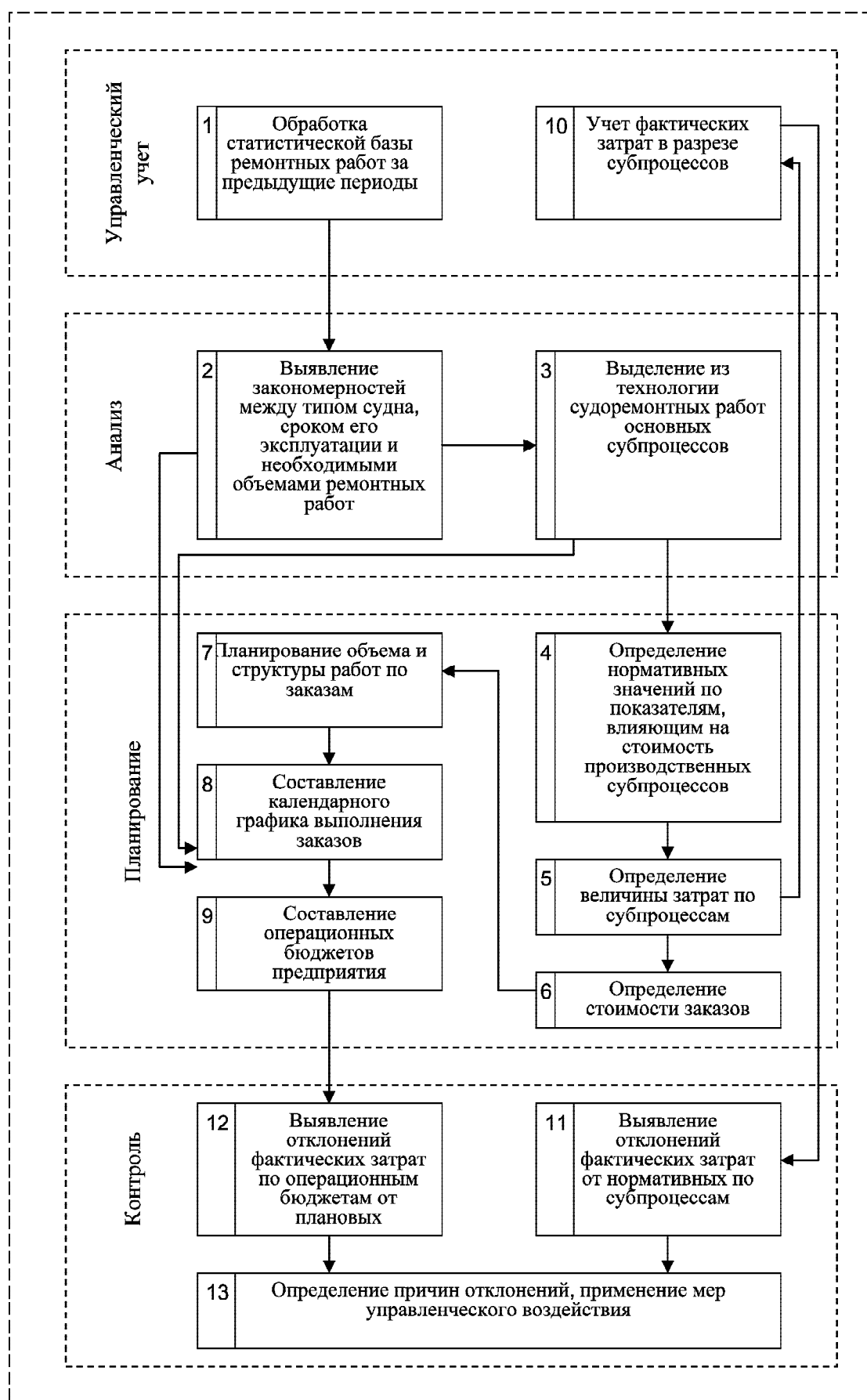


Рис. 2. Этапы методики контроллинга затрат судоремонтных предприятий

ственных subprocessов предприятия. Исследуются при этом не только случаи перерасхода, но и экономии. Если экономия по какому-то из subprocessов происходит периодически, это указывает на необходимость пересмотра нормативов затрат по указанному subprocessу, их уменьшения. На основании проведенного анализа отклонений применяются меры управленческого воздействия к виновникам перерасхода и вносятся коррективы в операционные бюджеты, либо, если источником отклонения послужила необъективность нормативов – изменяется

нормативная база и пересчитывается стоимость subprocessов.

В рамках разработанной методики контроллинга затрат комплексно реализуются функции учета (формирования, декомпозиции), анализа, планирования, мониторинга затрат. Использование данной методики позволяет объективно планировать и распределять производственные затраты, оперативно отслеживать отклонения фактических показателей от плановых, тем самым повышая эффективность хозяйственной деятельности предприятия.

S. V. Filko

COST CONTROLLING PROCESS AT SHIP-REPAIR INDUSTRY

The existing cost management system at ship-repair industry is analyzed; its disadvantages are identified. The method of cost controlling improvement is proposed solving industry characteristics.

Keywords: cost management, budgeting, controlling.

© Филько С. В., 2009

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамов Сергей Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и электропитания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1983 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: abramov@sibsutis.ru.

Алгазин Евгений Игоревич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1984 г. Область научных интересов – инвариантные системы передачи информации. E-mail: nat_gus@ngs.ru.

Антамошкин Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – техническое направление (системный анализ). E-mail: oleslav@mail.ru.

Антамошкин Олеслав Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-экономических систем Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – системный анализ и управление. E-mail: oleslav@mail.ru.

Батукова Луиза Рихардовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский государственный университет в 1991 г. Область научных интересов – корпоративное развитие, финансовые рынки. E-mail: malilu@yandex.ru.

Безбородов Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент института нефти и газа Сибирского федерального университета. Окончил Московское общеобразовательное командное училище в 1977 г. Область научных интересов – трение и износ. E-mail: labsm@mail.ru.

Беляков Геннадий Павлович – доктор экономических наук, профессор, ректор Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1966 г. Область научных интересов – экономика народного хозяйства. Т. (391)264-00-14.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела подготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1985 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, теория автоматического управления, композиционные материалы. E-mail: bouko@sibsau.ru.

Брезицкая Валерия Витальевна – сотрудник ЗАО «Делфи». Окончила Сибирский федеральный университет в 2007 г. Область научных интересов – обработка информации и информационный менеджмент. E-mail: bresizkajaw@rambler.ru.

Вайнштейн Исаак Иосифович – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Новосибирский государственный университет в 1965 г. Область научных интересов – уравнения математической физики, теория надежности, математическое моделирование. E-mail: isvain@mail.ru.

Веселков Сергей Александрович – научный сотрудник центра исследования космического пространства Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1989 г. Область научных интересов – астрономическая и космическая оптика. E-mail: veselkovsa@sibsau.ru.

Владыко Анна Константиновна – ассистент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – внешнеэкономическая деятельность, международная торговля. E-mail: anion2000@mail.ru.

Гарин Евгений Николаевич – кандидат технических наук, доцент, начальник учебного военного центра Сибирского федерального университета. Окончил Харьковскую военно-инженерную радиотехническую академию противовоздушной обороны имени маршала Советского Союза Л. А. Говорова в 1992 г. Область научных интересов – спутниковая навигация, история. E-mail: tyapkin58@mail.ru.

Гирн Алексей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1998 г. Область научных интересов – нанесение покрытий различного назначения, упрочнение поверхностей. Т. (391) 262-95-61.

Горошко Виталий Сергеевич – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – гидродинамика закрученных потоков, твердотельное моделирование. E-mail: xktk@sibsau.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 менеджмент. E-mail: Iuna77@mail.ru

Гриценко Сергей Николаевич – старший преподаватель Сибирского федерального университета. Окончил Красноярское высшее командное училище радиоэлект-

роники в 1985 г. Область научных интересов – анализ надежности структурно-сложных систем. Т. 8-908-010-23-60.

Детков Владимир Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья». Окончил Новосибирский государственный университет в 1971 г. Область научных интересов – изучение недр перспективных территорий Красноярского края и Эвенкии. E-mail: v-detkov@yandex.ru.

Досузева Елена Евгеньевна – студент Новосибирского государственного технического университета. Область научных интересов – синтез, анализ, моделирование и оптимизация бизнес-процессов. E-mail: dosuzheva@gmail.com.

Емельянов Рюрик Тимофеевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой механизации и автоматизации строительства института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1973 г. Область научных интересов – повышение эффективности использования уплотняющих средств при устройстве асфальтобетонных покрытий. E-mail: macgasa@yandex.ru.

Ермолаев Роман Александрович – кандидат технических наук, заместитель начальника отдела материаловедения ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский политехнический университет в 1997 г. Область научных интересов – нанесение покрытий различного назначения.

Жукова Екатерина Сергеевна – инженер студенческого центра управления полетами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – информационные технологии, защита информации. E-mail: zhykova_k@mail.ru.

Зверинцева Людмила Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский политехнический институт в 1978 г. Область научных интересов – абразивное полирование трубопроводов, получение требуемой шероховатости в прямоугольных отверстиях, проектирование и изготовление эластичных инструментов для полирования. E-mail: zverintsevalv@mail.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.

Землянская Елена Анатольевна – старший преподаватель кафедры рекламы и культурологии Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 2002 г. Область научных интересов – реклама, рекламная дея-

тельность, субъекты рекламного рынка, взаимодействие рекламы и культуры. E-mail: sky-elena@mail.ru.

Зуев Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры холодильной, криогенной техники и кондиционирования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2003 г. Область научных интересов – гидродинамика закрученных потоков, твердотельное моделирование. E-mail: xktk@sibsau.ru.

Зуев Алексей Вячеславович – преподаватель электротехнических дисциплин Ачинского политехнического техникума. Окончил Ачинский филиал Государственного университета цветных металлов и золота в 2004 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами. E-mail: zuev21@rambler.ru.

Иванчур Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами. E-mail: eiapu@mail.ru.

Калягина Людмила Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического анализа и статистики Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Калининский государственный университет в 1980 г. Область научных интересов – прогнозирование устойчивого развития агроэкономической системы. E-mail: evr17@mail.ru.

Капчинский Илья Аркадьевич – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – мультиверсионное программное обеспечение, надежность программных систем, методы и модели поддержки принятия решений. E-mail: ilya919@mail.ru.

Карасева Маргарита Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1990 г. и Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – мультилингвистическая технология обучения иностранным языкам, разработка частотных терминологических словарей. Т. (391)290-91-41.

Карцан Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент учебного военного центра Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярское высшее командное училище радиоэлектроники в 1999 г. Область научных интересов – навигационные системы, интеллектуализация и обработка информации в сети Интернет. E-mail: kartsan@sibsau.ru.

Кишкин Александр Анатольевич – доктор технических наук, заведующий кафедрой холодильной, криоген-

ной техники и кондиционирования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-вуз – филиал Красноярского политехнического института в 1985 г. Область научных интересов – газодинамика лопаточных нагнетателей. E-mail: xktk@sibsau.ru.

Климов Алексей Сергеевич – аспирант института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярскую государственную архитектурно-строительную академию в 2006 г. Область научных интересов – повышение эффективности использования уплотняющих средств при устройстве асфальтобетонных покрытий. E-mail: macgasa@yandex.ru.

Ковалев Игорь Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1985 г. Область научных интересов – отказоустойчивые программные архитектуры, мультиверсионное программное обеспечение, многоатрибутивные методы принятия решений, мультилингвистические технологии обучения. E-mail: kovalev.fsu@mail.ru.

Ковалев Павел Владимирович – аспирант института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – надежность программного обеспечения. E-mail: pvkovalev@mail.ru.

Ковалевский Артем Павлович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1992 г. Область научных интересов – прикладная теория вероятностей. E-mail: pandorra@ngs.ru.

Козлов Роман Викторович – инженер-конструктор ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – моделирование систем электропитания малых космических аппаратов. Т. 8(39197)6-41-57.

Колесняк Игорь Александрович – студент Государственной экономической академии имени Г. В. Плеханова. Область научных интересов – государственная поддержка сырьевых и перерабатывающих отраслей региона. Т. 8-913-191-93-21.

Константинов Андрей Сергеевич – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – гидродинамика закрученных потоков, твердотельное моделирование. E-mail: xktk@sibsau.ru.

Королева Серафима Антоновна – ассистент кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – кросс-культурная комму-

никация, международная деятельность, современные проблемы менеджмента. E-mail: mba@sibsau.ru.

Кудряшов Виктор Спиридонович – доктор технических наук, профессор, заместитель начальника отдела ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Казанский авиационный институт в 1963 г. Область научных интересов – космическая энергетика. Т. 8(39197)6-47-54.

Кузнецов Александр Алексеевич – кандидат физико-математических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – моделирование алгебраических систем. E-mail: alex_kuznetsov80@mail.ru.

Кузнецов Александр Сергеевич – старший преподаватель кафедры информатики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1997 г. Область научных интересов – технологии разработки программного обеспечения, мультисинтаксические языки программирования, инструментальные средства разработки трансляторов. E-mail: drum@fipu.krasnoyarsk.edu.

Лапко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Фрунзенский политехнический институт в 1971 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, распознавание образов, моделирование и оптимизация систем при неполной информации. E-mail: lapko@icm.krasn.ru

Лапко Василий Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой космических средств и технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, моделирование систем, непараметрические коллективы решающих правил, распознавание образов. E-mail: lapko@icm.krasn.ru.

Латышенко Галина Ивановна – доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Иркутский политехнический институт в 1982 г. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: latyshenko59@mail.ru.

Ленченко Виктор Макарович – кандидат физико-математических наук, профессор Сибирского федерального университета. Окончил Среднеазиатский государственный университет в 1951 г. Область научных интересов – физика полупроводников, структура твердых тел. Т. (391)221-29-16.

Литвинов Павел Сергеевич – старший преподаватель кафедры математического обеспечения дискретных устройств и систем института фундаментальной подготовки Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный университет в 1990 г. Область

научных интересов – уравнения математической физики, математическое моделирование. E-mail: litvinov.68@mail.ru.

Логинов Юрий Юрьевич – доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научно-инновационной деятельности Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1976 г. E-mail: loginov@sibsau.ru.

Лосев Василий Владимирович – аспирант, ассистент кафедры автоматизации производственных процессов Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – информационные технологии, системы управления базами данных, автоматизированные системы управления. E-mail: basilos@mail.ru.

Лукасов Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Барнаульское высшее военно-авиационное училище летчиков в 1972 г. Область научных интересов – летная и техническая эксплуатация воздушных судов. Т. (391)233-00-10.

Малинкин Виталий Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры многоканальной электрической связи и оптических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1975 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. E-mail: mvb@neic.nsk.su.

Мелкозеров Максим Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, декан центра открытого образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 1999 г. Область научных интересов – гидродинамика двухфазных потоков. E-mail: xktk@sibsau.ru.

Мельников Павел Игоревич – инженер ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2009 г. Область научных интересов – повышение эффективности солнечных батарей в системах электропитания космических аппаратов с помощью концентраторов солнечного света. E-mail: miv@atomlink.ru.

Михалев Герман Семенович – доктор экономических наук, профессор кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – методология исследований и разработка хозяйственных систем. Т. 8-903-920-10-56.

Михеев Анатолий Егорович – доктор технических наук, профессор кафедры летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1973 г. Область научных интересов – плазменная техноло-

гия и нанесение защитных покрытий на алюминиевые сплавы методом микродугового оксидирования. Т. (391)262-95-61.

Михеенко Анатолий Михайлович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиопередающих устройств и электропитания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Ленинградский электротехнический институт связи в 1963 г. Область научных интересов – генераторное оборудование. E-mail: amm@neic.nsk.ru.

Надейкин Иван Викторович – аспирант кафедры топливного обеспечения и горюче-смазочных материалов института нефти и газа Сибирского федерального университета. Область научных интересов – органическая химия топлив. E-mail: ivan_777_kray@mail.ru.

Наумов Анатолий Александрович – кандидат технических наук, доцент Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1973 г. Область научных интересов – синтез, анализ, моделирование и оптимизация бизнес-процессов. E-mail: a_a_naumov@mail.ru.

Никушкин Николай Викторович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструкций летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1983 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация воздушных судов, механика разрушений, разработка летательных аппаратов нетрадиционных схем. Т. (391)233-00-10.

Нургалеева Юлия Анатольевна – инженер кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 1998 г. Область научных интересов – системы управления, автоматизированные структуры управления, структура и выбор варианта, технологические циклы управления. E-mail: saor_nurgaleeva@sibsau.ru.

Орловская Нина Федоровна – кандидат химических наук, профессор кафедры топливного обеспечения и горюче-смазочных материалов института нефти и газа Сибирского федерального университета. Область научных интересов – органическая химия топлив. E-mail: togsmin@mail.ru.

Пацук Ольга Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский технологический институт в 1993 г. Область научных интересов – региональная экономика, управление территориями. E-mail: pasuk@sibsau.ru.

Полозова Татьяна Владимировна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Восточно-Сибирский государственный технологический университет в 1986 г. Область научных интересов – актуальные проблемы развития предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей регионов с экстремальными природными условиями. E-mail: tatianapolozova@inbox.ru.

Прокопьев Андрей Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации и автоматизации строительства института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1984 г. Область научных интересов – повышение эффективности использования уплотняющих средств при устройстве асфальтобетонных покрытий. E-mail: macgasa@yandex.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.

Разгулина Евгения Савельевна – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 1997 г. Область научных интересов – оптимизация сложных систем. E-mail: evg-razgulina@yandex.ru.

Резван Иван Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических систем Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1979 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация. Т. 8-913-919-25-90.

Рукавицына Татьяна Александровна – аспирант кафедры ЮНЕСКО Сибирского федерального университета. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2005 г. Область научных интересов – математические методы анализа эффективности функционирования сложных организационно-технических систем. E-mail: veritas@01rambler.ru.

Савельева Марина Викторовна – кандидат философских наук, ученый секретарь ученого совета, заведующий кафедрой технического иностранного языка Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1990 г. Область научных интересов – российское образование, новые образовательные технологии, конкурентоспособность российского образования. E-mail: msaveyeva@sibsau.ru.

Селиванова Марина Анатольевна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский филиал Московского экономического института в 2007 г. Область научных интересов – прикладная информатика, лингводидактика, информационные технологии адаптивного обучения.

Сергиенко Роман Борисович – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, лауреат стипендии Президента РФ, победитель конкурса по программе У.М.Н.И.К. Область научных интересов – моделирование и оптимизация сложных систем, интеллектуальные информационные технологии, коэволюционные алгоритмы. Т. (391)291-91-41.

Сорокин Дмитрий Игоревич – студент института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Область научных интересов – методы моделирования и проектирования систем автоматизации с использованием MATLAB. E-mail: macgasa@yandex.ru.

Ступина Алена Александровна – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирскую государственную аэрокосмическую академию в 1995 г. Область научных интересов – системный анализ. E-mail: saa5@yandex.ru.

Товбис Елена Михайловна – старший преподаватель кафедры информационных технологий Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2005 г. Область научных интересов – программная поддержка образовательного процесса, технологии разработки программных комплексов, анализ педагогических данных. E-mail: sibstu2006@rambler.ru.

Усачев Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий института градостроительства, управления и региональной экономики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2001 г. Область научных интересов – системный анализ, управление и обработка информации. E-mail: aazkr@yandex.ru.

Федоренко Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических комплексов и систем Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1970 г. Область научных интересов – частотно-управляемый асинхронный электропривод. Т. 8(391)243-64-75.

Филько Сергей Владимирович – начальник планово-экономического отдела Красноярского судостроительного центра. Окончил Красноярский государственный аграрный университет в 1998 г. Область научных интересов – бюджетирование, контроллинг, управленческий учет. E-mail: sergfilko@mail.ru.

Халиманович Владимир Иванович – заместитель генерального конструктора – директор отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева, профессор Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Казанский авиационный институт в 1964 г. Область научных интересов – проектирование крупногабаритных трансформируемых систем автоматических космических аппаратов.

Харламов Валерий Анатольевич – начальник группы отдела материаловедения ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1971 г. Область научных интересов – нанесение покрытий различного назначения.

Химин Евгений Борисович – аспирант кафедры международного бизнеса Сибирского государственного аэро-

космического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-вуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – подготовка кадров для народного хозяйства. E-mail: ekhimin@yandex.ru.

Хохлов Аркадий Пантелеймонович – ведущий инженер Российского государственного гуманитарного университета (филиал в г. Красноярске). Окончил Красноярский политехнический институт в 1992 г. Область научных интересов – информационные технологии, обработка информации. E-mail: info@kras-rggu.ru.

Черненко Евгений Викторович – заведующий лабораторией кафедры холодильной, криогенной техники и кондиционирования 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 – гидродинамика закрученных потоков, механика жидкостей и газов. E-mail: xktk@sibsau.ru.

Шаймарданов Лев Гайнуллович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии наук высшей школы, заведующий кафедрой технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1966 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей. Т. (391)94-65-29.

Шлепкин Анатолий Константинович – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой прикладной математики Красноярского государственного аграр-

ного университета. Окончил Красноярский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – теория групп. E-mail: ak_kgau@mail.ru.

Шукшина Екатерина Евгеньевна – аспирант Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 2003 г. Область научных интересов – информационные системы в обучении, модели данных и алгоритмы. E-mail: katerok2000@mail.ru.

Шупранов Дмитрий Александрович – аспирант кафедры топливного обеспечения и горюче-смазочных материалов института нефти и газа Сибирского федерального университета. Область научных интересов – органическая химия топлив. E-mail: dimassiol@mail.ru.

Энгель Екатерина Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и систем Хакасского государственного университета имени Н. Ф. Катанова. Окончила Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова. Область научных интересов – нейроинформатика, нечеткая логика. E-mail: angel@khsu.ru.

Якимов Ярослав Игоревич – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный университет в 2006 г. Область научных интересов – эволюционные алгоритмы и другие методы оптимизации. E-mail: yar_yakimov@mail.ru.

Яшкин Валерий Игоревич – студент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – разработка программ социально-экономического развития региона, организация и планирование наукоемких производств. E-mail: yakov.mail@rambler.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА	3
Лапко А. В., Лапко В. А. Непараметрическая оценка смеси плотностей вероятности, основанная на технологии размножения статистических данных	4
Вайнштейн И. И., Литвинов П. С. Модель М. А. Лаврентьева о склейке вихревых и потенциальных течений идеальной жидкости	7
Зверинцева Л. В. Компьютерное моделирование эластичного инструмента для полирования волноводов	10
Ленченко В. М., Логинов Ю. Ю. Генерация и накопление вакансий в кристалле, выращиваемом из расплава	14
Кишкин А. А., Черненко Е. В., Зуев А. А., Горошко В. С. Исследование донных линий потока при развороте потока	17
Алгазин Е. И., Ковалевский А. П., Малинкин В. Б. Передача сигналов инвариантным методом с последующей нелинейной обработкой	20
Кузнецов А. А., Шлепкин А. К., Антамошкин А. Н. Компьютерное моделирование бернсайдовой группы $B(2,5)$	24
Зуев А. В., Иванчура В. И., Федоренко А. А. Моделирование универсального задающего блока автоматизированной системы управления процессом декарбонизации	26
Гарин Е. Н. Аппаратурная погрешность относительных измерений	29
Сергиенко Р. Б. Исследование эффективности коэволюционного генетического алгоритма условной оптимизации	31
Капчинский И. А., Ковалев П. В., Гриценко С. Н. Графоаналитический метод анализа мультиверсионных архитектур программного обеспечения	37
Энгель Е. А., Завьялова О. И. Использование иерархических нейронных сетей для распознавания многоэлементных зрительных сцен	39
Якимов Я. И. Двухуровневый генетический алгоритм для рентгеноструктурного анализа поликристаллов	44
Веселков С. А. Оптическая система высокого разрешения для получения снимков Земли из космоса	49
Карасева М. В., Селиванова М. А., Зеленков П. В., Шукшина Е. Е. Использование тезаурусов при построении мультилингвистических моделей распределенных информационных систем	52
Товбис Е. М. OLAP-технология как средство мониторинга образовательного процесса	55
Карасева М. В. Информационно-обучающая технология: состояние памяти модели обучаемого	58
Кузнецов А. С. Моделирование распознавателей мультисинтаксических языков программирования мультиверсионных систем	62
Антамошкин О. А., Нургалеева Ю. А., Усачев А. В. Модели модульной декомпозиции программного обеспечения технологических циклов управления	66
Зеленков П. В., Селиванова М. А., Брезницкая В. В., Хохлов А. П. Модуль обработки информационных запросов пользователей в сеть Интернет для корпоративных информационно-управляющих систем	69
Рукавицына Т. А. Развитие модели методологии DEA	74
Ступина А. А., Разгулина Е. С. GERT-анализ формирования технологических циклов управления космическими аппаратами	77
РАЗДЕЛ 2. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА	83
Лукасов В. В., Никушкин Н. В. Использование программного обеспечения MATHCAD при диагностировании авиационной техники по методике теоремы гипотез	84
Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Элементы риск-анализа и безопасность полетов	86
Карцан И. Н. Наземный комплекс управления для малых космических аппаратов	89
Жукова Е. С., Карцан И. Н. Обеспечение конфиденциальности информации в Центре управления полетами	93

Мельников П. И., Козлов Р. В., Кудряшов В. С. Система электропитания малого космического аппарата «Студенческий»	97
Михеенко А. М., Абрамов С. С., Резван И. И. К анализу возможности повышения энергетической эффективности генераторных устройств для бортовых радиоэлектронных средств	102
Ковалев И. В., Нургалеева Ю. А., Гриценко С. Н., Усачев А. В. К проблеме выбора структуры автоматизированной системы управления летательными аппаратами	105
Халиманович В. И., Харламов В. А., Ермолаев Р. А., Михеев А. Е., Гирн А. В. Испытания лабораторных образцов терморегулирующих покрытий углепластиковых элементов космических аппаратов	110

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ

Лосев В. В. Алгоритмическое обеспечение функционирования GRID-системы как архитектурной платформы распределенных автоматизированных систем управления	116
Детков В. А. Импульсные невзрывные источники сейсморазведки с электромагнитным приводом	119
Безбородов Ю. Н., Надежкин И. В., Орловская Н. Ф., Шупранов Д. А. К анализу возможностей получения реактивного топлива Джет А-1 на базе нефти Юрубченского месторождения	122
Емельянов Р. Т., Прокопьев А. П., Климов А. С., Сорокин Д. И. Моделирование систем управления машин дорожно-строительного комплекса	124
Кишкин А. А., Зуев А. А., Мелкозеров М. Г., Черненко Е. В., Константинов А. С. Относительные характерные толщины динамического пространственного пограничного слоя при различных законах распределения скорости	129

РАЗДЕЛ 4. ЭКОНОМИКА

Латышенко Г. И. Научно-технологические технологии и их роль в современной экономике России	136
Гостева О. В. Эффективная работа команды проекта как условие успешной реализации стратегических целей предприятия	141
Пацук О. В. Территориальный аспект управления	145
Латышенко Г. И., Яшкин В. И. Особенности развития инновационной системы России	150
Михалев Г. С., Батукова Л. Р. Инновационное развитие российской экономики: понятийно-категориальные инструменты	156
Наумов А. А., Досуева Е. Е. Оценивание эффективности функционирования экономических систем с несколькими источниками финансирования	161
Полозова Т. В., Колесняк И. А. Государственная поддержка и финансовое оздоровление предприятий сырьевых и перерабатывающих отраслей региона	166
Химин Е. Б. Методика расчета норматива бюджетного финансирования учреждений профессионального образования на основе нормативного и нормированного ресурсного обеспечения	170
Беляков Г. П., Химин Е. Б. Организационное обеспечение государственных образовательных стандартов как составляющая качества профессионального образования	175
Землянская Е. А. Анализ понятия «рекламная деятельность»	180
Землянская Е. А., Савельева М. В. К вопросу о субъектах рекламного рынка	182
Королева С. А., Владыко А. К. Исследование рисков внешнеторговых сделок между Россией и Китаем	185
Владыко А. К. Анализ общих тенденций внешнеторгового сотрудничества России и Китая	187
Калягина Л. В., Пыжикова Н. И. Сохранение устойчивого развития края – сохранение окружающей среды	190
Филько С. В. Процессно-ориентированный контроллинг затрат судоремонтных предприятий	196

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

201

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS	3
Lapko A. V., Lapko V. A. Nonparametric estimation of a mix probability density, based on technology duplication of statistical data	4
Weinstein I. I., Litvinov P. S. M. A. Lavrentev model about pasting vortical and potential currents of the ideal liquid	7
Zverintseva L. V. Computer modelling of the elastic tool for polishing wave guides	10
Lenchenko V. M., Loginov Yu. Yu. Generation and accumulation of vacancies in a crystal grown up from melt	14
Kishkin A. A., Chernenko E. V., Zuev A. A., Goroshko V. S. Bottom flow lines research at flow turning	17
Algazin E. I., Kovalevsky A. P., Malinkin V. B. Signals transmission by invariant method with the subsequent non-linear processing	20
Kuznetsov A. A., Shlepkin A. K., Antamoshkin A. N. Computer modeling of burnside group $B(2,5)$	24
Zuev A. V., Ivanchura V. I., Fedorenko A. A. Modeling universal assigning block automated managerial system by decarbonization process	26
Garin E. N. Instrumental error of relative measurements	29
Sergienko R. B. Effectiveness investigation of coevolutionary genetic algorithm for constrained optimization problems	31
Kapchinsky I. A., Kovalev P. V., Gritzenko S. N. Graph-analytic research of software based on N -version architecture	37
Engel E. A. Usage of hierarchical neural networks for multiple vision scenes recognition	39
Yakimov Y. I. Two-level genetic algorithm for X-ray powder diffraction structure analysis	44
Veselkov S. A. Optical system of high resolution for Earth-imaging from space	49
Karaseva M. V., Selivanova M. A., Zelenkov P. V., Shukshina E. E. The use of thesauruses for building multilingual models of the distributed informational systems	52
Tovbis E. M. OLAP technology in educational process monitoring	55
Karaseva M. V. Information training technology: learner's memory state model	58
Kuznetsov A. S. Modeling for recognizers of multisyntax programing languages for multi version systems	62
Antamoshkin O. A., Nurgaleeva Ju. A., Usachev A. V. Modular decomposition models of technological control cycles software	66
Zelenkov P. V., Selivanova M. A., Brezitskaya V. V., Hokhlov A. P. Information requests processed module from users in the Internet for corporate information systems	69
Rukavitsyna T. A. Model development of the DEA method	74
Stupina A. A., Razgulina E. S. GERT-analysis of the technical control cycles formation for space crafts	77
PART 2. AVIATION AND SPACE-ROCKET ENGINEERING	83
Lukasov V. V., Nikushkin N. V. MATHCAD software usage for diagnosing aerotechnics on the method of theorem of hypotheses	84
Boyko O. G., Shaimardanov L. G. The risk-analysis and the flight safety elements	86
Kartsan I. N. Land control complex for small space vehicles	89
Zhukova E. S., Kartsan I. N. Maintenance of the information confidentiality in the centre of flight control	93
Melnikov P. I., Kozlov R. V., Kudryashov V. S. Power supply system of small satellite «Student»	97
Miheenko A. M., Abramov S. S., Rezvan I. I. To the possibility analysis of power efficiency of generating devices increase for on-board radio-electronic tools	102
Kovalev I. V., Nurgaleeva Ju. A., Gritsenko S. N., Usachev A. V. Preliminaries to choosing an automated control system structure of aircrafts	105
Khalimanovich V. I., Kharlamov V. A., Ermolaev R. A., Mikheev A. E., Girn A. V. Testing laboratory patterns with thermoregulation coatings on carbon details of space vehicles	110

PART 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS	115
Losev V. V. Algorithmic support of GRID-system functioning as the architectural platform of distributed automated control systems	116
Detkov V. A. Pulsed explosive sources of prospecting seismology with electromagnetic drive	119
Bezborodov Ju. N., Nadeykin I. V., Orlovskaya N. F., Shupranov D. A. Oil of the Jurubchensky deposit-potential raw material for production Jet A-1 aviation fuel	122
Emelyanov R. T., Prokopyev A. P., Klimov A. S., Sorokin D. I. Simulation control system by machines of road building complex	124
Kishkin A. A., Zuev A. A., Melkozerov M. G., Chernenko E. V., Konstantinov A. S. Relative characteristic thicknesses of the dynamic three-dimensional boundary layer at various laws of velocity distribution	129
 PART 4. ECONOMICS	135
Latyshenko G. I. Science intensive technologies and their role in the Russian modern economy	136
Gosteva O. V. Effective work of the project team as a condition of successful strategic enterprises aims realization	141
Patsuk O. V. Territorial aspect of management	145
Latyshenko G. I., Yashkin V. I. Features of Russian innovation system development	150
Mikhalev G. S., Batukova L. R. Innovative development of Russian economy: conceptual and categorial tools	156
Naumov A. A., Dosuzheva E. E. Estimation of operation effectiveness of economic systems with multi-sources funding	161
Polozova T. V., Kolesnyak I. A. State support and financial improvement of raw material and process branches of region enterprises	166
Khimin E. B. Technique of account of the budget financing specification of vocational training establishments on the basis of the normative and normalized resource maintenance	170
Belyakov G. P., Khimin E. B. Organizational maintenance of the state educational standards as a component of vocational training quality	175
Zemlyanskaya E. A. Analysis of “advertising activity” as a notion	180
Zemlyanskaya E. A., Savelyeva M. V. Studying the subjects of advertising market	182
Koroleva S. A., Vladiko A. K. Risks analysis of the foreign trade transactions between Russia and China	185
Vladiko A. K. Analysis of general tendencies of the foreign trade cooperation between Russia and China	187
Kalyagina L. V., Pyzhikova N. I. Protection of the steady territory development – protection of that surrounding	190
Filko S. V. Cost controlling process at ship-repair industry	196
 THE INFORMATION ABOUT THE AUTHORS	201

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК 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 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 мм). 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 глав должны быть централированы.

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 внут-

ритекстовых 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) или двоеточием (если стоят в множественном числе).

Примечания должны быть последовательно пронумерованы.

2. При наличии гранта ссылка на грант помещается внизу полосы под строками основного текста (подстрочное примечание).

Формулы. Простые внутрострочные 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, 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 подрисовочную 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 (ГОСТ 7.1–2003) и помещается после основного текста.

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.