ВЕСТНИК

Сибирского государственного
аэрокосмического университета
имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 2(19)

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

Заместитель главного редактора:
доктор технических наук
профессор
Л. Г. Шаймарданов

Редакционная коллегия:
Е. Н. Головенкин
Т. В. Зеленская
М. В. Краев
А. Н. Ловчиков
А. В. Медведев
В. А. Охорзин
К. Г. Охоткин (отв. секретарь)
А. С. Паршин
З.Г. Сангадиев
С. И. Сенашов
В. Г. Сомов
Ю.А. Филиппов

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

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2008
© Коллектив авторов, 2008

УДК 621.396.96.001(07)

А. С. Власов, С. Ю. Ульянов, В. Б. Кашкин, М. В. Носков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СИНГУЛЯРНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ[1]

В рамках пакета программ для обработки аэрокосмических изображений был реализован метод сингулярного спектрального анализа, позволяющий выделять на изображении границы разной толщины. Пакет программ может использоваться для решения прикладных задач и обучения студентов. Программный комплекс обеспечивает предварительную обработку изображения, классификацию объектов на изображении и оценку геометрических параметров объектов.

Основой сингулярного спектрального анализа (ССА) [1] является преобразование исходного набора данных (будь то одномерный или многомерный ряд) в многомерную выборку, с теоретической точки зрения представляющую собой двумерное поле. Эта выборка в дальнейшем раскладывается по системе собственных векторов ее ковариационной (корреляционной) матрицы. Соответствующий алгоритм носит название сингулярного разложения матрицы.

Рассмотрим использование метода ССА для снимков земной поверхности, полученных из космоса, которые можно представить в виде вещественного двумерного случайного поля $\Xi = \{o_{i_1,i_2}, i_1 = 1, ..., N_1; i_2 = 1, ..., N_2\}$. Применим следующую (неформальную) процедуру преобразования этого набора данных в матрицу наблюдений. Фиксируем числа $ф_k, 1 \le ф_k \le N_k$. Рассмотрим набор индексов $(i_1, i_2) : i_1 = 1, ..., ф_1; i_2 = 1, ..., ф_2$, который далее будем называть «шаблоном». Шаблону соответствует участок поля $o_{i_1,i_2}, i_1 = 1, ..., ф_1; i_2 = 1, ..., ф_2$. Перенумеруем элементы этого участка построчно, получая вектор $ч^{(1)} = (X_1^{(1)}, ..., X_{ф_1ф_2}^{(1)})^T = (o_{1,1}, o_{1,2}, ..., o_{1,ф_2}, o_{2,1}, ..., o_{2,ф_2}, ..., o_{ф_1,ф_2})^T$. После этого переместим шаблон на единицу вправо, рассмотрим участок исходного поля $o_{i_1,i_2}, i_1 = 1, ..., ф_1; \quad i_2 = 2, ..., ф_2 + 1$, элементы которого составят второй вектор P-мерной матрицы наблюдений $(P = ф_1ф_2)$. Эту процедуру продолжим до тех пор, пока правый край шаблона не дойдет до правого края поля.

После этого процедура повторяется со сдвигом на единицу вниз и т. д. Результатом такой операции является матрица наблюдений $ч = (ч^{(1)}, ..., ч^{(Q)})$, состоящая из $Q = (N_1 - ф_1 + 1)(N_2 - ф_2 + 1)$ столбцов.

Генерация матрицы наблюдений для двумерного поля $N_1 = 3, N_2 = 4$ с шаблоном $N_{ф_1} = 2, N_{ф_2} = 3$ проходит в 4 этапа:

$$\begin{pmatrix} \boxed{o_{1,1}} & o_{1,2} & \boxed{o_{1,3}} & o_{1,4} \\ \boxed{o_{2,1}} & o_{2,2} & \underline{o_{2,3}} & o_{2,4} \\ o_{3,1} & o_{3,2} & o_{3,3} & o_{3,4} \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} o_{1,1} & \boxed{o_{1,2}} & o_{1,3} & \overline{o_{1,4}} \\ o_{2,1} & \boxed{o_{2,2}} & o_{2,3} & \underline{o_{2,4}} \\ o_{3,1} & o_{3,2} & o_{3,3} & o_{3,4} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} o_{1,1} & o_{1,2} & \boxed{o_{1,3}} & o_{1,4} \\ \boxed{o_{2,1}} & o_{2,2} & \underline{o_{2,3}} & o_{2,4} \\ \boxed{o_{3,1}} & o_{3,2} & \underline{o_{3,3}} & o_{3,4} \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} o_{1,1} & o_{1,2} & o_{1,3} & \overline{o_{1,3}} \\ o_{2,1} & \boxed{o_{2,2}} & o_{2,3} & \underline{o_{2,3}} \\ o_{3,1} & \boxed{o_{3,2}} & o_{3,3} & \underline{o_{3,4}} \end{pmatrix}$$

В этом случае матрица наблюдений имеет вид

$$ч = \begin{pmatrix} o_{1,1} & o_{1,2} & o_{2,1} & o_{2,2} \\ o_{1,2} & o_{1,3} & o_{2,2} & o_{2,3} \\ o_{1,3} & o_{1,4} & o_{2,3} & o_{2,4} \\ o_{2,1} & o_{2,2} & o_{3,1} & o_{3,2} \\ o_{2,2} & o_{2,3} & o_{3,2} & o_{3,3} \\ o_{2,3} & o_{2,4} & o_{3,3} & o_{3,4} \end{pmatrix}.$$

Полученная таким образом матрица наблюдений обрабатывается посредством обычного нецентрального метода главных компонентов, т. е. вычисляется нецентрированная ковариационная матрица $C = \frac{1}{Q} ччᵀ$, производится разложение C по собственным векторам: $V = (v^{(1)}, ..., v^{(P)}), (v^{(i)})^T v^{(j)} = д_{ij}, \quad C = V \Lambda V^T$, $\Lambda = \mathrm{diag}(л_1, ..., л_P)$, где $v^{(i)}$ – i-й собственный вектор, а Λ – диагональная матрица собственных чисел. Собственные числа корреляционной матрицы находятся из решения матричного уравнения $[C - \lambda I] = 0$, где I – единичная матрица. Собственные вектора находятся решением уравнения $[C - \lambda I]V = 0$.

Вычисляется система главных компонентов:

$$Ф = V^T ч, \; Ф = (Ф^{(1)}, ..., Ф^{(P)})^T,$$

$$Ф^{(s)} = (ф_1^{(s)}, ..., ф_Q^{(s)}). \qquad (1)$$

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07–01–00326) и аналитической целевой программы Министерства образования и науки (РПН.3.1.1.5349).

После анализа собственных векторов и главных компонентов и отбора информативных наступает очередь восстановления исходной матрицы. Это производится обычным для техники главных компонентов образом. Если мы обозначим через $\Im$ набор индексов соответствующих интересующих нас главных компонентов, то процедура восстановления матрицы наблюдений записывается как

$$\hat{\text{ч}} = \sum_{t \in \Im} v^t \text{ш}^{(t)}. \qquad (2)$$

Для восстановления исходного поля $\hat{\Xi}$ используется следующая процедура:

$$\hat{\text{о}}_{i_1,i_2} = \frac{1}{\left|\Im(i_1,i_2)\right|} \sum_{(j_1,j_2)\in\Im(i_1,i_2)} \hat{x}_{j_1,j_2}. \qquad (3)$$

Здесь набор индексов $\Im(i_1,i_2)$ перечисляет все такие j_1, j_2, что $x_{j_1,j_2} = \text{о}_{i_1,i_2}$ в исходной матрице данных ч.

Сингулярный спектральный анализ позволяет выделить изображения, соответствующие различным главным компонентам, причем эти изображения не коррелированны. Первый компонент соответствует наибольшему собственному числу, это фон и полутоновое «заполнение» объектов исходного изображения. Последующие компоненты выделяют контуры объектов. Результат обработки космического изображения с разрешением 30 м приведен на рисунке. С помощью ССА получено изображение, где русла рек выделены более четко, так как оно менее загружено деталями.

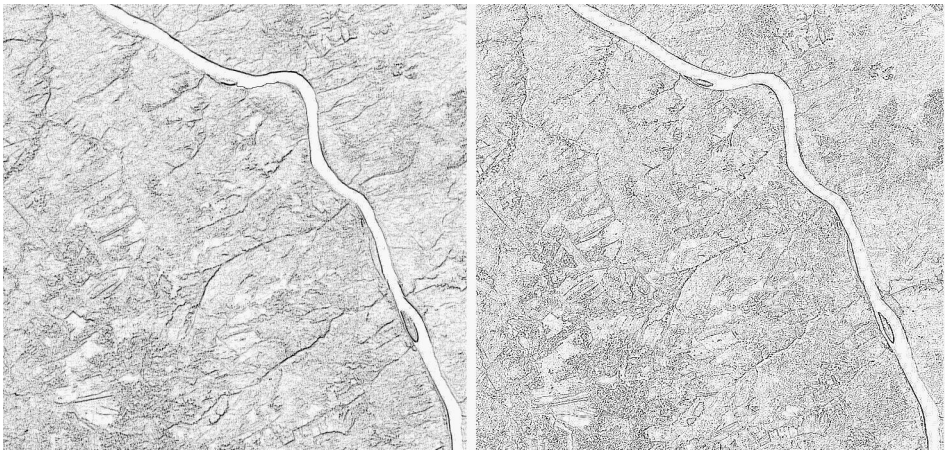
Сингулярный спектральный анализ является новым и довольно специфичным методом обработки изображений, поэтому сравнивать его с другими методами распознавания достаточно трудно. Особенностью метода является его интерактивность, т. е. для разных типов изображений можно варьировать размер окна (шаблона) и количество главных компонент, по которым происходит восстановление матрицы наблюдений, и, таким образом, добиваться различных результатов. Полноценный анализ этих результатов, степени их важности, а также возможных областей их применения – предмет дальнейших исследований. Но уже сейчас можно указать несколько областей их применения:

1) выделение границ на изображении, причем возможно получение линий разной толщины: чем больше набор главных компонентов, тем тоньше линия границы;

2) выделение основного фона (тренда) изображения и шумовых составляющих.

Библиографический список

1. Голяндина, Н. Э. Метод «Гусеница-SSA»: анализ временных рядов / Н. Э. Голяндина. СПб. : Пресском, 2004. С. 7.



а *б*

Обработка космического изображения:
а – с помощью ССА; *б* – фильтра Лапласа апертурой 3×3

A. S. Vlasov, S. Y. Ylyanov, V. B. Kashkin, M. V. Noskov

USE OF A METHOD SINGULAR SPECTRAL ANALYSIS FOR PROCESSING OF SPACE REMOUT SOUNDING

The method singular spectral analysis in the software package for processing the space images was realized. This method allows to allocate a border of different thickness on the image. The software package can be used for the decision of applied tasks and training of the students. The program complex provides preliminary processing of the image, classification of objects on the image and estimation of geometrical parameters of objects.

УДК 621.396.96.001(07)

А. В. Лапко, Л. Т. Толстов

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ СТАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены модели статических объектов, позволяющие в наиболее полном объеме учитывать априорные сведения о виде восстанавливаемой зависимости и информацию статистической выборки наблюдений ее переменных. Исследованы асимптотические свойства ряда модификаций предлагаемых моделей, определены условия их преимущества по сравнению с непараметрической регрессией и при взаимном сравнении.

При восстановлении зависимости $y = \psi(x)$ в задаче идентификации статического объекта различают два типа априорной информации: структурные данные $\overset{\Delta}{Д}$, которые отражают априорные представления $F(x, \alpha)$ о виде преобразования ш(·), и статистические $\tilde{Д}$, содержащие сведения о наблюдениях (x^i, y^i), $i = \overline{1, n}$. Известные стохастические аппроксимации параметрического и непараметрического вида ориентированы в основном на определенный тип исходных данных, что при отличающихся априорных условиях приводит к снижению их эффективности. Так, если в параметрических моделях за основу принимаются сведения $F(x, \alpha)$ о виде $\psi(x)$, то для непараметрических моделей достаточно знания лишь ее качественных характеристик и информации обучающей выборки. В первом случае за счет «сжатия» обучающей выборки в вектор оценок параметров модели теряется полезная информация о ее локальном поведении. Во втором – не учитываются априорные сведения о виде восстанавливаемой зависимости. Для решения проблемы эффективного использования априорной информации в работе [1] предложены гибридные модели стохастических зависимостей, основанные на управляемом сочетании преимуществ параметрических и локальных методов аппроксимации.

Структуру гибридной модели составляют параметрическая аппроксимация $F(x, \alpha)$ искомой зависимости и корректирующая ее функция. Вид этой корректирующей функции порождает семейство гибридных моделей. Их эффективность зависит от параметров структуры, объема и размерности обучающей выборки, априорных сведений об искомой зависимости, а также вида корректирующей функции. Ближайшим аналогом гибридных моделей являются частично линейные модели [2].

Остановимся на исследовании асимптотических свойств гибридных моделей и оценке условий их компетентности.

При восстановлении однозначной функции $y = \psi(x) \forall x \in R^k$ кроме выборочных значений $\tilde{Д} = (x^i, y^i,\ i = \overline{1, n})$ известны частичные сведения $\overset{\Delta}{Д} = \{F(x, \alpha)\}$ о виде зависимости $\psi(\cdot)$ с точностью до набора параметров $\alpha \in R^m$. В зависимости от вида функции невязок $g_\Sigma(x) = \psi(x) - F(x, \alpha)$ либо $g_\Pi(x) = \psi(x)/F(x, \alpha)$ при $F(x, \alpha) \neq 0$, гибридный алгоритм принимает следующий вид [1]:

$$\begin{aligned} \overset{\Delta}{y}_\Sigma &= \overset{\Delta}{\varphi}_\Sigma(x) = F(x, \bar{\alpha}) + \bar{g}_\Sigma(x), \\ \overset{\Delta}{y}_\Pi &= \overset{\Delta}{\varphi}_\Pi(x) = F(x, \bar{\alpha})\bar{g}_\Pi(x). \end{aligned} \qquad (1)$$

Оценивание параметров α в параметрической модели $F(x, \alpha)$ осуществляется по выборке $\tilde{Д}$, а для оценивания функции невязки $g(x)$ используется непараметрическая регрессия

$$\bar{g}(x) = \sum_{i=1}^{n} g(x^i)\Theta(x^i, x) / \sum_{i=1}^{n} \Theta(x^i, x), \qquad (2)$$

где $\Theta(x^i, x) = \prod_{j=1}^{k} \Phi\left(\frac{x_j - x_j^i}{c_j}\right)$, восстанавливаемая по значениям $\left(x^i, g(x^i)\right)$, $i = \overline{1, n}$. Ядерные функции $\Phi(\cdot)$ удовлетворяют условиям *H*:

$$\Phi(u) \geq 0,\ \int \Phi(u)du = 1,\ \Phi(u) = \Phi(-u),$$

$$\int u^\nu \Phi(u)du < \infty,\ \nu \geq 2,$$

$$\Phi(u_2) \geq \Phi(u_1)\ \ \forall\ \ |u_2| \leq |u_1|,$$

$$c = c(n) \geq 0,\ \lim_{n\to\infty} n\prod_{j=1}^{k} c_j = \infty.$$

Здесь и далее бесконечные пределы интегрирования опускаются.

Заметим, что при синтезе алгоритма (2) формирование значений $g(x^i)$, $i = \overline{1, n}$ проводится на основании выборки $\left(x^i, y^i\right)$, $i = \overline{1, n}$ по формулам

$$g_\Sigma(x^i) = y^i - F(x^i, \alpha)$$

либо

$$g_\Pi(x^i) = y^i / F(x^i, \alpha) \text{ при } F(x^i, \alpha) \neq 0.$$

Принимая условное математическое ожидание $y = \varphi(x)$ за оптимальное решающее правило при восстановлении зависимости $y = \psi(x)$ в смысле минимума среднеквадратического критерия, исследуем асимптотические свойства гибридных моделей (1) и определим условия их компетентности по сравнению с непараметрической регрессией и взаимном сравнении путем анализа отношений соответствующих им среднеквадратических критериев точности аппроксимации.

Асимптотические свойства гибридных моделей. Без потери общности рассмотрим задачу оценивания $y = \psi(x)$ по выборке независимых, идентично рас-

пределенных случайных величин (x^i, y^i), $i=\overline{1,n}$ при известной плотности вероятности $p(x)$ и частичных сведениях $F(x,\alpha)$ о виде $\psi(x)$.

Будем считать, что x и y – одномерные случайные величины.

Полагаем, что функция $h(x)$ удовлетворяет условиям V_2, если она ограничена и непрерывна вместе со всеми своими производными до порядка 2 включительно.

Тогда справедлива теорема 1.

Теорема 1. Пусть 1) $\psi(x)$, $F(x,\alpha)$ и $p(x)\neq 0$ в области определения $y=\psi(x)$ удовлетворяют условиям V_2; 2) функция $\Phi(u)\in H$; 3) последовательность $c=c(n)\to 0$ при $n\to\infty$, а $nc\to\infty$. Тогда гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}=F(x,\alpha)+\overline{g}_{\Sigma}(x)$ является асимптотически несмещенной и состоятельной оценкой оптимального решающего правила $y=\varphi(x)$.

Доказательство.

1. По определению имеем

$$M\left(\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)=\varphi(x)-F(x,\overline{\alpha})-M(\overline{g}_{\Sigma}(x))=$$
$$=g_{\Sigma}(x)-(c\cdot p(x))^{-1}\int g_{\Sigma}(t)\Phi((x-t)/c)\,p(t)dt.$$

Проведем в интеграле замену переменных $cu=x-t$ и, разлагая функции $g_{\Sigma}(x-cu)$, $p(x-cu)$ в ряд Тейлора в точке x с учетом условий H, получим

$$\lim_{n\to\infty}M\left(\varphi(u)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)=$$
$$=\lim_{n\to\infty}\left[(g_{\Sigma}(x)p(x))^{(2)}c^2/(2np(x))+o(c^4)\right]=0, \quad (3)$$

где $(g_{\Sigma}(x)p(x))^{(2)}$ – вторая производная по x произведения функций в скобках.

2. Для доказательства утверждения 2 теоремы 1 представим дисперсию $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ в следующем виде:

$$D\left(\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)=M(\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x))^2-\left(M(\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)^2. \quad (4)$$

Вычислим среднеквадратическое отклонение:

$$M\left((\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x))^2\right)=\varphi^2(x)-2\varphi(x)M\left(\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)+$$
$$=n^{-1}(cp(x))^{-2}\int(g_{\Sigma}(t)\Phi((x-t)/c)\,p(t))^2dt+$$
$$+\frac{(n-1)}{n}(cp(x))^{-2}(\int g_{\Sigma}(t)\Phi((x-t)/c)\,p(t)dt)^2+$$
$$+F^2(x,\alpha)+2F(x,\alpha)M(g_{\Sigma}(x)).$$

Следуя преобразованиям, выполненным при выводе соотношения (3), нетрудно показать, что

$$M\left((\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x))^2\right)\sim g_{\Sigma}^2(x)\left\|\Phi(u)\right\|^2/(ncp(x))+$$
$$+c^4\left[(g_{\Sigma}(x)p(x))^{(2)}\right]^2/(4p^2(x))+o(c^6), \quad (5)$$

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

Подставляем выражения (3), (5) в (4) и, переходя к пределу последнего при $n\to\infty$, устанавливаем состоятельность оценки $\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)$.

Теорема 2. Пусть функции $\psi(x)$, $g_{\Pi}(x)$, $p(x)\neq 0$ удовлетворяют условиям V_2 и выполняются утверждения 2, 3 теоремы 1. Тогда гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}=\overset{\Delta}{\varphi}_{\Pi}(x)=F(x,\alpha)\overline{g}_{\Pi}(x)$ является асимптотически несмещенной и состоятельной оценкой оптимального решающего правила $y=\varphi(x)$.

Методика доказательства теоремы 2 аналогична предыдущей, поэтому, опуская промежуточные выкладки, приведем конечные результаты:

$$M\left(\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Pi}(x)\right)\sim\frac{F(x,\alpha)c^2}{2p(x)}(g_{\Pi}(x)p(x))^{(2)}+o(c^4), \quad (6)$$

$$M\left((\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Pi}(x))^2\right)\sim\frac{\varphi^2(x)\left\|\Phi(u)\right\|^2}{ncp(x)}+$$
$$+\frac{F^2(x,\alpha)c^4}{4p^2(x)}\left((g_{\Pi}(x)p(x))^{(2)}\right)^2+o(c^6). \quad (7)$$

Сравнение аппроксимационных свойств гибридных моделей и непараметрической регрессии. *Сравнение свойств гибридной модели* $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ *и непараметрической регрессии* $\tilde{y}_p$. В качестве критерия сравнения принимаем отношение среднеквадратических отклонений $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и $\tilde{y}_p$ от оптимального решающего правила (условного математического ожидания):

$$R_P^{\Sigma}=M\left(\varphi(x)-\overset{\Delta}{\varphi}_{\Sigma}(x)\right)^2/M\left(\varphi(x)-\tilde{\varphi}_P(x)\right)^2. \quad (8)$$

Условия преимущества $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ над $\tilde{y}_p$ при конкретных значениях x определяются соотношением $R_P^{\Sigma}<1$. Вычислив $R_P^{\Sigma}(x)$ при оптимальных значениях c_{Σ}^o и c_P^o, минимизирующих соответственно выражение (5) и среднеквадратическое отклонение для непараметрической регрессии $\tilde{y}_p$ [1], получим

$$R_P^{\Sigma}(x)\sim\left[\left(\frac{g_{\Sigma}(x)}{\psi(x)}\right)^4\frac{(g_{\Sigma}(x)p(x))^{(2)}}{(\psi(x)p(x))^{(2)}}\right]^{2/5}. \quad (9)$$

Из анализа соотношения $R_P^{\Sigma}(x)<1$ следует, что гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ имеет более высокие аппроксимационные свойства по сравнению с непараметрической регрессией $\tilde{y}_p$ в некоторой точке x, если выполняются условия

$$1-(1-r)^{-4}<r_1^{''}<1+(1-r)^{-4} \text{ для } p(x)=\text{const},$$

где

$$r_1^{''}=F^{(2)}(x,\alpha)/\psi^{(2)}(x) \text{ при } \psi^{(2)}(x)\neq 0,$$
$$r=F(x,\alpha)/\psi(x) \text{ при } \psi(x)\neq 0. \quad (10)$$

В области, ограниченной кривыми гиперболического типа (рис. 1), гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ обладает более высокими аппроксимационными свойствами по сравнению с непараметрической регрессией $\tilde{y}_p$. Вне этой области лучшие результаты дает непараметрическая регрессия $\tilde{y}_p$. В точках, принадлежащих граничным кривым, аппроксимационные свойства гибридной модели $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и непараметрической регрессии $\tilde{y}_p$ не отличаются.

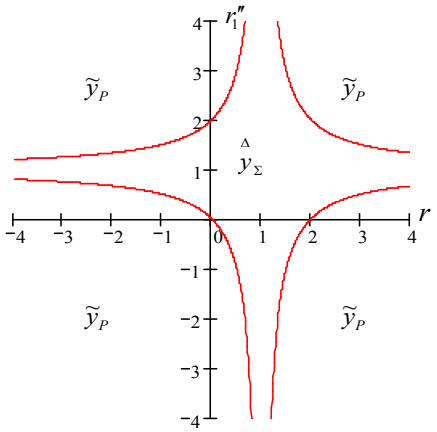


Рис. 1. Области компетентности гибридной модели $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и непараметрической регрессии $\tilde{y}_P$. Оси соответствуют значениям r и r_1'', определяемым по выражениям (10)

Сравнение гибридной модели $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ *и непараметрической регрессии* $\tilde{y}_P$ (рис. 2). При оптимальных c_{Π}^{o} и c_p^{o} в некоторой точке x отношение $R_P^{\Pi}(x)$ асимптотических выражений среднеквадратических критериев (7) и соответствующего критерия для непараметрической регрессии соответствует

$$R_P^{\Pi}(x) \sim \left(\frac{F(x,\alpha)(g_{\Pi}(x)p(x))^{(2)}}{(\psi(x)p(x))^{(2)}} \right)^{2/5}.$$

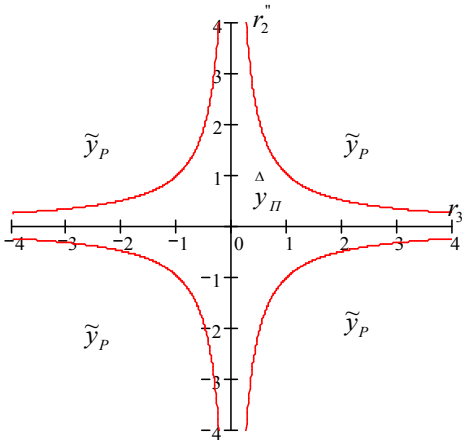


Рис. 2. Области компетентности гибридной модели $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ и непараметрической регрессии $\tilde{y}_P$

Соотношение $R_P^{\Pi}(x) < 1$ выполняется, если

$$-r_3^{-1} < r_2'' < r_3^{-1} \text{ для } p(x) = \text{const}, \text{ где } r_2'' = g_{\Pi}^{(2)}(x),$$
$$r_3 = \psi^{(2)}(x)/F(x,\alpha) \text{ при } F(x,\alpha) \neq 0. \qquad (11)$$

В области, ограниченной кривыми гиперболического типа, гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ обладает более высокими аппроксимационными свойствами по сравнению с непараметрической регрессией $\tilde{y}_p$.

Сравнение аппроксимационных свойств гибридных моделей. *Сравнение аппроксимационных свойств гибридной модели* $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ *и гибридной модели* $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$.

При анализе отношения $R_{\Pi}^{\Sigma}(x) < 1$ среднеквадратических отклонений для $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ нетрудно получить условия преимущества гибридной модели $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ над $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$:

$$-(1-r_5)^{-1} < r_4'' < (1-r_5)^{-1} \text{ для } p(x) = \text{const},$$

где $r_4'' = g_{\Sigma}^{(2)}(x)/(g_{\Pi}^{(2)}(x)F(x,\alpha))$, $r_5 = g_{\Sigma}(x)/g_{\Pi}(x)$ при $g_{\Pi}(x) \neq 0$, $g_{\Pi}^{(2)}(x)F(x,\alpha) \neq 0$.

В области $-(1-r_5)^{-1} < r_4'' < (1-r_5)^{-1}$, ограниченной кривыми гиперболического типа, гибридная модель $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ обладает более высокими аппроксимационными свойствами по сравнению с гибридной моделью $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$, вне этой области преимущество имеет модель $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ (рис. 3).

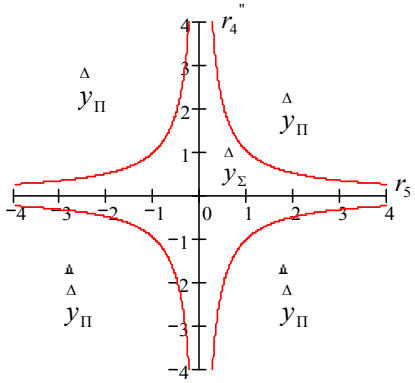


Рис. 3. Области компетентности гибридных моделей $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$

В точках, принадлежащих граничным кривым, аппроксимационные свойства гибридных моделей $\overset{\Delta}{y}_{\Sigma}$ и $\overset{\Delta}{y}_{\Pi}$ не отличаются.

Гибридные алгоритмы идентификации представляют собой комплекс различных по назначению и методам синтеза решающих правил, состав и порядок функционирования которых в процессе восстановления однозначных зависимостей определяется уровнем априорной информации. Предложены две модифика-

ции гибридных моделей, определены области их компетентности.

Показано, что неопределенность выбора функции невязки порождает проблемы в обоснованном применении той или иной модификации гибридных моделей. Следует ожидать, что гибридная модель с функцией невязки типа разности обладает преимуществом в случае аддитивных помех, накладываемых на переменные изучаемой зависимости. При мультипликативных помехах целесообразно использование функции невязки типа отношения.

Таким образом, отсутствие априорных сведений о характере случайных воздействий делает необходимым применение методов коллективного оценивания, что может повысить эффективность гибридных моделей.

Библиографический список

1. Лапко, А. В. Гибридные алгоритмы идентификации статических объектов: принципы построения, анализ свойств, применение /А. В. Лапко, Л. Т. Толстов // Применение ЭВМ в задачах управления. Красноярск, 1985. С. 98–107.

2. Хардле, В. Прикладная непараметрическая регрессия / В. Хардле. М. : Мир, 1993. 349 с.

A. V. Lapko, L. T. Tolstov

INVESTIGATION OF HYBRID MODELS CHARACTERISTICS OF STATIC OBJECTS

The models of static objects allowing in the fullest volume to consider aprioristic data on a kind of restored dependence and the information of statistical sample of supervision of its variables are considered. Asimptotic properties of some updatings of offered models are investigated, conditions of their advantage are defined in comparison with nonparametric regress and at mutual comparison.

УДК 536.529

А. В. Минаков, А. А. Гаврилов, А. А. Дектерев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ПОМОЩИ VOF МЕТОДА

Представлены результаты реализации, тестирования и применения численной методики решения задач со свободной поверхностью, основанной на VOF методе. Для задачи о разрушении водяного столба приведено сопоставление результатов численных расчетов с экспериментальными данными. Приведен пример использования расчетного алгоритма для решения задачи оптимизации разливки алюминия в изложницы.

Течения несжимаемой жидкости со свободной поверхностью очень часто встречаются как в различных природных явлениях, так и во множестве технологических процессов. Примеры таких течений можно найти практически в любых промышленных объектах. Поэтому умение эффективно решать подобного рода задачи является очень важным в процессе проектирования и оптимизации различных устройств и аппаратов.

На сегодняшний день существует множество алгоритмов решения задач со свободной границей. Это, прежде всего, так называемые body-fitted методы [1], в которых свободная поверхность жидкости отслеживается узлами расчетной сетки. Естественно, что при таком подходе расчет перемещения жидкости в пространстве требует пересчета расчетной сетки на каждом временном шаге, что может быть весьма затратным. Кроме того, поскольку форма свободной поверхности жидкости и ее движение часто очень сложны, то использование body-fitted методов может привести к существенному искривлению расчетных ячеек, что приводит к дополнительной погрешности в результатах.

В последнее время, в связи с возросшей вычислительной мощностью, для решения задач со свободной поверхностью стали активно использоваться так называемые бессеточные методы или методы частиц [2]. Основная идея этих методов состоит в том, что жидкость представляется конечным числом взаимодействующих частиц, движение которых подчиняется уравнениям движения. В этих методах не требуется разбиение расчетной области на конечное число ячеек. Хотя их идеология продолжает интенсивно развиваться, их реальное применение для решения сложных пространственных задач из-за больших вычислительных затрат пока весьма ограничено.

Обзор литературы показывает, что хотя на сегодняшний день существует огромное количество подходов к решению задач со свободной границей, самым эффективным и распространенным по применению является VOF метод (Volume of Fluid) [3] (и его более современные модификации). Данный метод сочетает в себе высокую вычислительную эффективность и достаточную точность разрешения межфазной границы. Благодаря своей простоте он относительно легко реализуется в рамках алгоритма расчета несжимаемых течений жидкости, основанного на решении системы уравнений Навье–Стокса. К достоинствам метода также стоит отнести возможность описывать такое

важное для течений со свободной поверхностью явление, как поверхностное натяжение. Моделирование данного явления достаточно просто проводить при помощи VOF метода с использованием CSF модели (continuum surface force) [4].

Учитывая все преимущества VOF метода, авторы работы реализовали его в программном комплексе «σFlow» в качестве алгоритма решения задач со свободной поверхностью.

Математическая модель движения несжимаемой жидкости со свободной поверхностью. Течение двухфазной среды в ламинарном случае описывается системой уравнений Навье–Стокса. Ниже приведены уравнения данной модели, выражающие основные законы сохранения.

Уравнение неразрывности (закон сохранения массы двухфазной среды):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho v) = 0. \qquad (1)$$

Уравнение количества движения (закон сохранения импульса):

$$\frac{\partial \rho v}{\partial t} + \nabla(\rho v \cdot v) = -\nabla p + \nabla(\tau) + \rho g + F_S, \qquad (2)$$

где F_S – сила поверхностного натяжения; g – ускорение свободного падения; ф – тензор вязких напряжений, составляющие которого определяются по выражению

$$\tau_{ij} = \mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right).$$

Для определения положения свободной поверхности жидкости в пространстве, как уже было сказано, будем использовать VOF метод [3]. Идея метода состоит в том, что поскольку свободную поверхность можно рассматривать как границу раздела двух фаз (газ–жидкость), то каждую фазу можно задать своей объемной долей. Пусть $F(x, y, z, t)$ – доля жидкой фазы в расчетной ячейке, которая определяется следующим образом:

$$F(x,y,z,t) = \begin{cases} 0, & \text{если ячейка пустая;} \\ 1, & \text{если ячейка заполнена жидкостью,} \end{cases}$$

и $0 < F(x, y, z) < 1$, если через ячейку проходит граница раздела фаз.

Отслеживание перемещения свободной границы осуществляется путем решения уравнения переноса для объемной доли:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + v \cdot \nabla F = 0. \qquad (3)$$

Плотность и молекулярная вязкость двухфазной среды находятся через объемную долю жидкости в ячейке по правилу смеси:

$$\rho = \rho_1 F + (1 - F)\rho_2,$$
$$\mu = \mu_1 F + (1 - F)\mu_2.$$

Для моделирования поверхностного натяжения применялся CSF алгоритм [4]. Суть алгоритма состоит в введении в уравнение количества движения (2) объемной силы F_S – величина которой находится из соотношения

$$F_S = \sigma k \nabla F,$$

где k – кривизна свободной поверхности, определяемая как дивергенция вектора нормали:

$$k = \nabla\left(\frac{n}{|n|}\right).$$

Нормаль к свободной поверхности вычисляется, в свою очередь, как градиент объемной доли жидкой фазы в ячейке:

$$n = \nabla F.$$

На твердой стенке величина вектора нормали определяется по краевому углу смачивания θ:

$$n = n_w \cos(\theta) + \tau_w \sin(\theta),$$

где n_w, ϕ_w – нормальный и тангенциальный к стенке вектора.

Численный алгоритм и программная реализация модели. Для компьютерной реализации математической модели использовался разрабатываемый авторами программный комплекс «σFlow». Пакет программ «σFlow» позволяет моделировать стационарные и нестационарные, ламинарные и турбулентные течения несжимаемых газов, одно и многокомпонентных неизотермических запыленных сред с химическими реакциями и сложным теплообменом, со свободной поверхностью. При расчетных исследованиях различных объектов возможна настройка пакета программ на расчет соответствующих процессов. Пакет программ включает в себя модуль построения геометрии и расчетных сеток, систему визуального анализа пространственных полей и постпроцессинга, модуль решения уравнений гидродинамики.

Разностный аналог конвективно-диффузионных уравнений находится с помощью метода конечного объема для структурированных многоблочных сеток [5; 6], при применении которого автоматически выполняется консервативность полученной схемы. Для аппроксимации конвективных членов уравнений гидродинамики (1), (2) используется противопоточная схема второго порядка QUICK [5]. Для аппроксимации нестационарных слагаемых уравнений гидродинамики используется неявная схема первого порядка. Диффузионные потоки и источниковые члены аппроксимируются со вторым порядком точности. Связь между полями скорости и давления реализуется при помощи SIMPLEC процедуры на совмещенных сетках. Для устранения осцилляций поля давления используется подход Рхи-Чоу, связанный с введением монотонизатора в уравнения для поправки давления [5; 7]. Полученная система разностных уравнений решается итерационным способом с применением методов неполной факторизации (явный метод Булева, ускоренный методом сопряженных градиентов) [8].

Численные эксперименты показали, что на достоверность результатов, полученных при использовании VOF метода, существенное влияние оказывает качество метода решения уравнения (3). Для интегрирования

уравнения (3) авторами были рассмотрены следующие методы: явная TVD схема Superbee [5], явная TVD схема Superbee [5] с локально одномерным расщеплением по пространству [9], неявная схема TVD схема Superbee первого и второго порядка аппроксимации по времени, схема первого порядка UDS [6], противопоточная схема второго порядка QUICK. Верификация данных схем аппроксимации проводилась на множестве как одномерных, так и пространственных конвективных задач. По итогам тестовых расчетов лучшей для решения уравнения (3) оказалась явная TVD схема Superbee с использованием локально одномерного расщепления. Все представленные ниже результаты расчетов получены при помощи данной схемы.

Тестирование расчетного алгоритма. *Задача об обрушении водяного столба.* Данная задача является каноническим тестом для алгоритмов решения задач со свободной поверхностью. Постановка и начальное условие этой двумерной задачи представлены на рис. 1. Стенка высотой 2*a* ограничивает столб воды шириной *a*, в начальный момент расчета стенка мгновенно удаляется и под действием силы тяжести жидкость растекается по расчетной области. Для расчета использовалась прямоугольная однородная сетка, состоящая из 100 Ч 100 узлов. Число Куранта задавалось равным 0,5. Наглядное представление о положении свободной поверхности воды в пространстве в различные моменты времени дает рис. 2 (черный цвет – вода). Ситуация, когда вода дошла до правого края расчетной области и стала натекать на стенку, представлена на рис. 2, *г*. Данные эксперимента на этот случай уже не распространяются.

Количественное сравнение с экспериментом [10] представлено на рис. 3. Сопоставление с экспериментом проводилось по двум параметрам: расстоянию *x* (рис. 1), на которое распространится вода за время *t* и высоте водяного столба *b* за это же время. Наблюдается достаточно хорошее совпадение численных результатов с экспериментальными данными (рис. 3) [10].

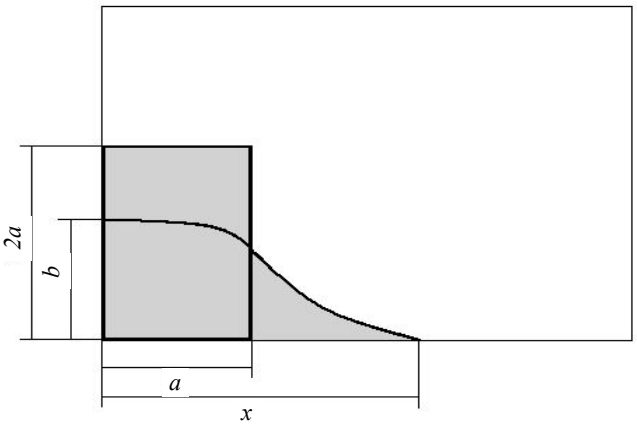


Рис. 1. Схема задачи о разрушении дамбы

Моделирование процесса заливки жидкого металла в изложницу [11]. Приведем пример использования реализованного для оптимизации заливки жидкого металла в формы в процессе изготовления алюминиевых слитков. Важным условием повышения эффективности производства алюминиевых слитков является условие увеличения скорости разлива металла в изложницы. Но при этом неизбежно происходит увеличение потерь металла, обусловленное разбрызгиванием и окислением кислородом воздуха. В связи с этим было проведено исследование влияния скорости разливки и способа литья на качество получаемых слитков. Было рассмотрено два различных способа разливки жидкого алюминия: разливка при помощи разливочной машины (струя металла падает вертикально) и разливка при помощи лотка (струя падает под углом к дну изложницы). Расчеты проводились для трех различных скоростей литья: 5, 7 и 10 т/ч.

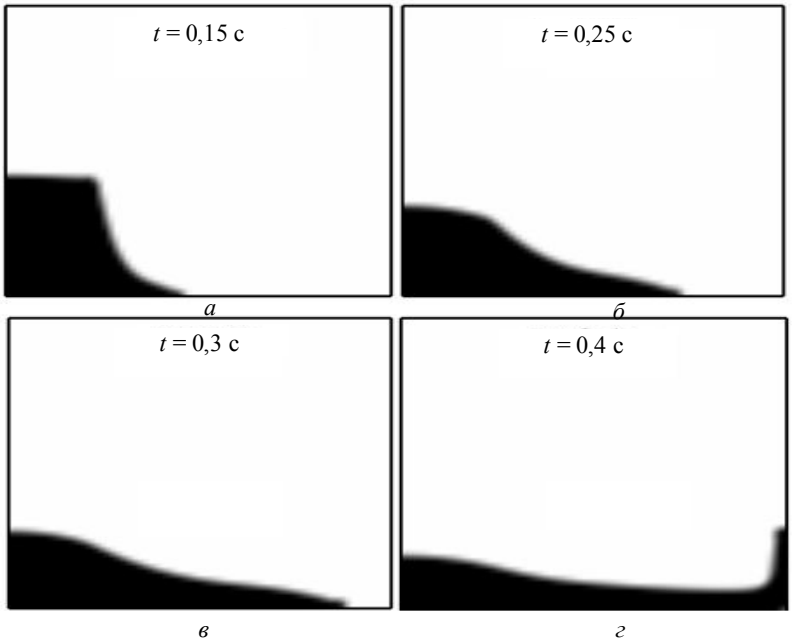


Рис. 2. Динамика разрушения дамбы

Эволюция формы свободной поверхности жидкого металла представлена на рис. 4 (разливка с лотка, скорость литья – 7 т/ч). Видно, что процесс литья сопровождается значительным волнообразованием. Более того, в некоторых вариантах при высоких скоростях литья (более 12 т/ч) наблюдалось выплескивание металла за пределы изложницы, что является недопустимым. Кроме того, было обнаружено такое интересное явление, как захват пузырей воздуха падающей струей металла. Наличие дополнительных пузырей воздуха под свободной поверхностью металла приводит к увеличению площади контакта алюминия с кислородом, а следовательно, и к ухудшению свойств слитков.

В качестве относительной «количественной» характеристики качества разливки, использовался такой критерий, как избыточная площадь поверхности жидкого металла. Под избыточной площадью поверхности здесь понимается разность между «реальной» площадью поверхности металла в данный момент времени и площадью поверхности металла в случае идеальной разливки (без волнообразования и попадания пузырей воздуха). Чем выше величина избыточной площади поверхности металла, тем выше площадь соприкосновения металла с кислородом воздуха (рис. 5). С увеличением скорости литья происходит увеличение избыточной площади поверхности жидкого металла. Но поскольку при повышении скорости литья пропорционально уменьшается и время разливки (а значит и время контакта жидкого металла с воздухом), то можно сказать, что существует некая оптимальная величина скорости литья, при которой среднее по времени значение избыточной площади жидкого металла будет минимальным (а следовательно, минимальны будут относительные потери металла на окисление). В данном варианте разливки оптимальная скорость литья близка к 10 т/ч.

По итогам проведенного исследования обнаружено, что разливка с помощью разливочной машины приводит к более интенсивному процессу волнообразования и захвату пузырей газа струей жидкого металла, что влечет увеличение потерь алюминия на окисление. Поэтому вариант разливки алюминия при помощи лотка является более предпочтительным. Увеличение скорости заливки металла с 5 до 10 т/ч, хотя в целом и приводит к увеличению избыточной поверхности алюминия, дает уменьшение средней по времени площади контакта кислорода воздуха с жидким металлом. Данная величина может служить качественным показателем величины потерь алюминия на окисление. В связи с этим можно рекомендовать увеличение скорости литья с 5 до 10 т/ч.

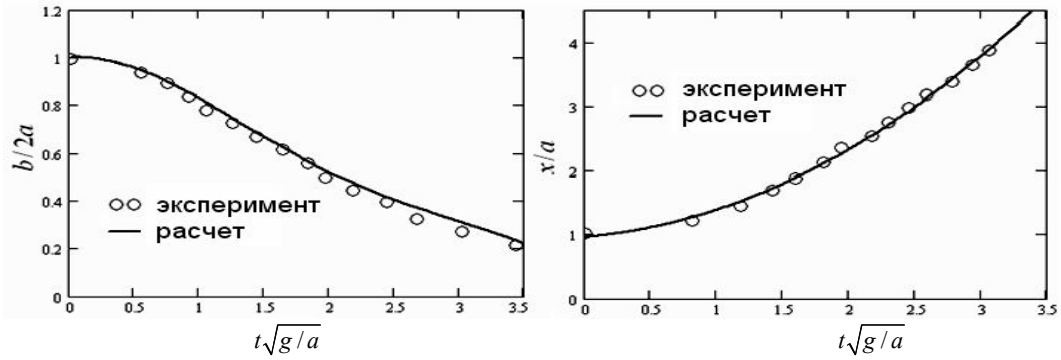


Рис. 3. Зависимость безразмерных размеров столба от безразмерного времени

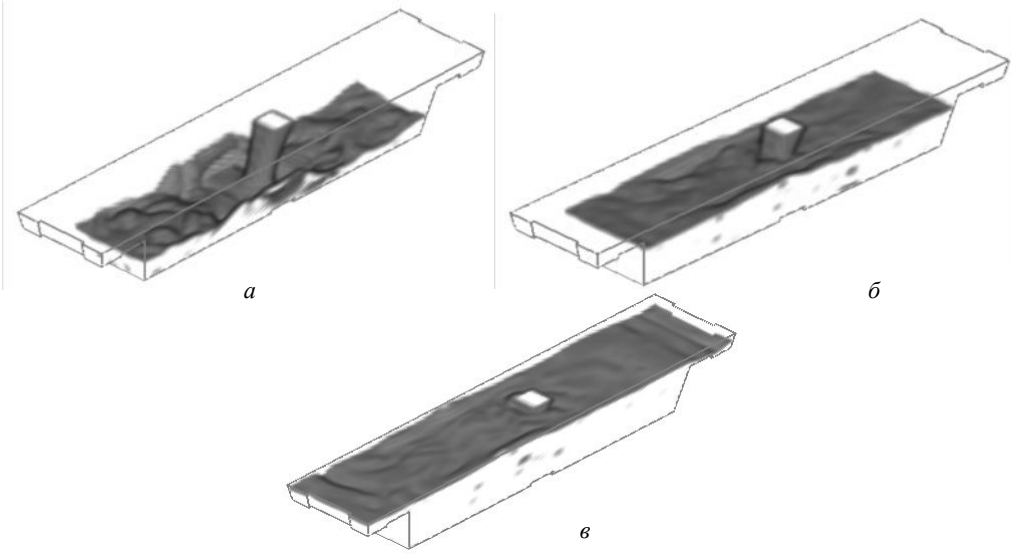


Рис. 4. Распределение свободной поверхности металла в различные моменты времени:
а – t = 2 с; *б* – t = 7 с; *в* – t = 9 с

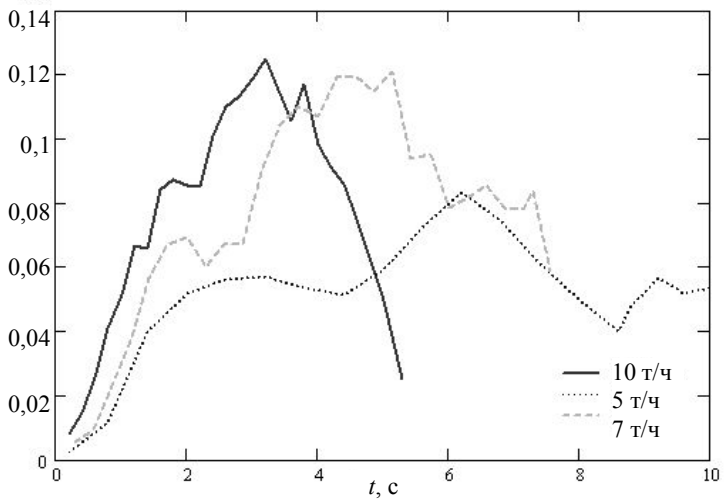


Рис. 5. Зависимость избыточной поверхности жидкого металла от времени заливки и скорости литья

Таким образом, реализован эффективный алгоритм расчета нестационарных течений несжимаемой жидкости со свободной поверхностью с учетом сил поверхностного натяжения на основе VOF метода. Проведено решение ряда тестовых задач, в ходе чего получено хорошее качественное и количественное совпадение численных результатов с экспериментальными данными. Реализованный алгоритм был успешно применен к решению задачи оптимизации разливки жидкого металла по изложницам. Полученные результаты позволили сделать предложения, которые способствовали существенному повышению эффективности исследованного технологического процесса.

Библиографический список

1. Swaminathan, T. N. Sedimentation of an ellipsoid inside an infinitely long tube at low and intermediate Reynolds numbers / T. N. Swaminathan, K. Mukundakrishnan, H. H. Hu // Fluid Mech.

2. Гидродинамика больших скоростей и численное моделирование : материалы 3 междунар. летней науч. шк. / под ред. К. Е. Афанасьева. Кемерово : ИНТ, 2006. 506 с.

3. Hirt, C. W. Volume of Fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries / C. W. Hirt, B. D. Nichols. // Comput. Phys. 1981. P. 201–225.

4. Brackbill, J. U. A Continuum Method for Modeling Surface Tension / J. U. Brackbill, D. B. Kothe, C. Zemach // Comput. Phys. 1992. P. 335–354.

5. Быстров, Ю. А. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб / Ю. А. Быстров [и др.]. С. : Судостроение, 2005. 389 с.

6. Патанкар, С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С. Патанкар. М. : Энергоатомиздат, 1984. 152 с.

7. Ferziger, J. H. Computational Methods for Fluid Dynamics / J. H. Ferziger, M. Peric. Rev. ed. Berlin : Springer Verlag, 2002.

8. Булев, Н. И. Пространственная модель турбулентного обмена / Н. И. Булеев. М. : Наука, 1989. 343 с.

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

10. Martin, J. C. An Experimental Study of the Collapse of a Liquid Column on a Rigid Horizontal Plane / J. C. Martin, W. J. Moyce. London, 1952. P. 312–324.

11. Гаврилов, А. А. Оптимизация режимов теплообмена при заливке металла в изложницы и охлаждении слитков / А. А. Гаврилов [и др.] // Алюминий Сибири 2006 : сб. докл. XII междунар. конф. Красноярск, 2006.

A. V. Minakov, A. A. Gavrilov, A. A. Dekterev

NUMERICAL SIMULATION UNSTEADY FLOW WITH FREE SURFACE BY USING OF VOF METHOD

It is presented results of validation and application numerical algorithm solving the free surface problems. Two of the test problems were solved. The calculating results are in good agreement with experimental data. The algorithm was successfully applied for solving of application problem.

УДК 550.388.2

О. А. Ларюнин, Е. Т. Агеева, Н. Т. Афанасьев, В. В. Демьянов, В. В. Филоненко

РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИОНОСФЕРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НАД СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫМ РЕГИОНОМ

Показана возможность использования результатов измерений вариаций фазы и доплеровского смещения частоты сигналов на трассах вертикального и слабонаклонного зондирования для мониторинга локализованного возмущения электронной плотности, выступающего в качестве одного из ионосферных предвестников сейсмического события.

В настоящее время известно, что в предверии произошедших сейсмических событий в ряде конкретных географических регионов мира в ионосфере над эпицентрами землетрясений были зафиксированы специфические неоднородности электронной плотности [1]. Учитывая это обстоятельство, организация пунктов непрерывного ионосферного мониторинга над сейсмически активными участками земной поверхности чрезвычайно важна.

Авторами предложен метод диагностики и контроля локализованных одиночных неоднородностей электронной плотности, представляющих собой облака обогащенной или обедненной концентрации. Появление таких облаков в среднеширотной ионосфере, при условии, что их параметры превышают известные допустимые значения в спокойных условиях, может служить предвестником сейсмических событий [1]. Диагностика и контроль этих возмущений представляется необходимым.

Информацию об электронных неоднородностях можно получить, проводя измерения характеристик сигналов на трассах вертикального и слабонаклонного зондирования ионосферы. В частности, для района Иркутска можно использовать экспериментальные данные вертикального зондирования цифрового дигизонда DPS-4 [2] и результаты измерений характеристик сигнала на короткой односкачковой трассе.

Рассмотрим возможности диагностики локализованной неоднородности электронной плотности по вариациям фазы и доплеровского смещения частоты сигнала, отраженного от ионосферы.

Доплеровское смещение частоты. Для доплеровского смещения частоты при вертикальном зондировании ионосферы имеет место выражение [3]

$$\Delta f = -\frac{2f}{c}\frac{\partial}{\partial t}\int_0^{Zo}\sqrt{\varepsilon}dz, \qquad (1)$$

где $\varepsilon(z, t)$ – диэлектрическая проницаемость среды; c – скорость света; f – рабочая частота; z_0 – высота отражения.

Применим к выражению (1) метод возмущений, представив диэлектрическую проницаемость среды в виде

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1, \qquad (2)$$

где $\varepsilon_0 >> \varepsilon_1$.

Будем считать зависимость фоновой диэлектрической проницаемости ионосферы ε_0 от времени медленной по сравнению с изменениями неоднородности $\varepsilon_1(t)$. Тогда для вариации доплеровского смещения частоты можно получить выражение

$$\Delta f_1 = -\frac{f}{c}\int_0^{Zo}\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o}}\frac{\partial\varepsilon_1}{\partial t}dz. \qquad (3)$$

Данное выражение используем для расчетов вариаций доплеровского смещения частоты, задавая модель неоднородностей $\varepsilon_1(z,t)$. Следует заметить, что подынтегральная функция в выражении (3) имеет особенность в точке отражения, где диэлектрическая проницаемость обращается в ноль. Преобразуем выражение (3), полагая, что отражение волн происходит вдали от уровней экстремальной ионизации невозмущенной ионосферы, где $\frac{d\varepsilon_0}{dz}$ обращается в ноль. Записывая выражение (3) в виде

$$\Delta f_1 = -\frac{2f}{c}\int\left(\frac{d\varepsilon_0}{dz}\right)^{-1}\frac{\partial\varepsilon_1}{\partial t}d(\sqrt{\varepsilon_0})$$

и проводя интегрирование по частям, получим выражение без особенности:

$$\Delta f_1 = \frac{2f}{c}\int_0^{Zo}\sqrt{\varepsilon_0}\left(\frac{\partial^2\varepsilon_1/\partial z\partial t}{\partial\varepsilon_0/\partial z} - \frac{\partial\varepsilon_1/\partial t}{(\partial\varepsilon_0/\partial z)^2}\frac{\partial^2\varepsilon_0}{\partial z^2}\right)dz. \qquad (4)$$

Зададим гауссову модель для описания одиночной неоднородности в пространстве. В этом случае возмущение диэлектрической проницаемости ионосферы будет зависеть от высоты z по закону

$$\varepsilon_1(z,t) = A\exp\left[-\left(\frac{z-z_b(t)}{b}\right)^2\right], \qquad (5)$$

где A – интенсивность неоднородности; z_b – центр облака; b – характерный пространственный масштаб облака.

Введем скорость вертикального дрейфа облака $V = \frac{dz_b}{dt}$, тогда выражение (4) даст

$$\Delta f_1 = -\frac{4AV}{b^2}\frac{f}{c}\int_0^{Zo}\sqrt{\varepsilon_0}\exp\left[-\left(\frac{z-z_b}{b}\right)^2\right]\times$$

$$\times\left[\left(\frac{\partial\varepsilon_0}{\partial z}\right)^{-1}\left(1-\frac{2(z-z_b)^2}{b^2}\right)-\left(\frac{\partial\varepsilon_0}{\partial z}\right)^{-2}\left(\frac{\partial^2\varepsilon_0}{\partial z^2}\right)(z-z_b)\right]dz. \qquad (6)$$

В результате получим выражение вида $\int F(\zeta)\exp\left(-\frac{\zeta^2}{l^2}\right)d\zeta$, которое можно оценить асимптотически методом Лапласа [4] в случае, если $z_b < z_0$, т. е. когда максимум аргумента экспоненци-

альной функции находится внутри интервала интегрирования:

$$\int_a^b F(x)\exp\big(g(x)\big)dx \approx F(x_m)\exp\big(g(x_m)\big)\sqrt{\frac{2\pi}{-g''(x_m)}}, \quad (7)$$

где x_m – точка максимума функции g, входящая в интервал (a,b).

Интегрируя выражение (6), получим

$$\Delta f_1 = -\frac{2\sqrt{\pi}AV}{b}\frac{f}{c}\sqrt{\varepsilon_0(z_b)}\left(\frac{\partial\varepsilon_0(z_b)}{\partial z}\right)^{-1}. \quad (8)$$

При отражении радиоволн ниже максимума ионизации слоя F_2 невозмущенную нижнюю ионосферу можно аппроксимировать линейным слоем плазмы:

$$\varepsilon_0(z) = 1-\alpha z. \quad (9)$$

Тогда формула (8) принимает простой вид:

$$\Delta f_1 = -\frac{4\sqrt{\pi}AV}{\alpha b}\frac{f}{c}\sqrt{1-\alpha z_b}. \quad (10)$$

Таким образом, вариация доплеровского смещения частоты сигнала прямо пропорциональна интенсивности и скорости движения неоднородности и обратно пропорциональна масштабу облака. Зависимость вариации $Дf_1$ от высоты локализации облака более сложная.

Вариации фазы. Для набега фазы волны в случае вертикального зондирования ионосферы имеем

$$\Phi = kP,$$

$$\text{где } k = 2\pi f/c, \quad P = 2\int_0^{z_a}\sqrt{\varepsilon}dz. \quad (11)$$

В первом приближении метода возмущений с учетом выражения (2) для фазового пути получим

$$P = 2\int_0^{z_a}\sqrt{\varepsilon_0}dz + \int_0^{z_0}\frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\varepsilon_0}}dz. \quad (12)$$

Используя интегрирование по частям, преобразуем второе слагаемое для фазового пути к виду

$$\Delta P = 2\int_0^{z_a}\sqrt{\varepsilon_0}\left[-\left(\frac{\partial\varepsilon_0}{\partial z}\right)^{-1}\frac{\partial\varepsilon_1}{\partial z} + \frac{\partial^2\varepsilon_0}{\partial z^2}\left(\frac{\partial\varepsilon_0}{\partial z}\right)^{-2}\varepsilon_1\right]dz. \quad (13)$$

Для гауссиана (5) и модели (9) вычисление выражения (13) дает

$$\Delta P = -\frac{4A}{\alpha b^2}\int_0^{z_a}\sqrt{1-\alpha z}\,(z-z_b)\exp\left[-\left(\frac{z-z_b}{b}\right)^2\right]dz.$$

Произведя замену переменной $y = z - z_b$, получим

$$\Delta P = -\frac{4A}{\alpha b^2}\int_{-z_b}^{z_a-z_b}\sqrt{1-\alpha z_b-\alpha y}\cdot y\exp\left(-\frac{y^2}{b^2}\right)dy. \quad (14)$$

Интеграл (14) можно оценить асимптотически при выполнении условия $z_b < z_0$. Принимая во внимание условие $z_b >> b$, окончательно получим

$$\Delta P = 4Ab\sqrt{\frac{\pi}{5e}}\frac{1}{\sqrt{1-\alpha z_b}}. \quad (15)$$

Выражения (10) и (15) верны только в том случае, если центр облака неоднородностей находится ниже высоты отражения сигнала. То есть на практике для использования этих формул необходимо выбирать рабочие частоты, при которых сигнал будет отражаться выше облака. Возникает вопрос: как убедиться в том, что выбранная частота достаточно велика и удовлетворяет данному условию? Кроме того, формула (15) дает рост ΔP при увеличении z_b. Но из физических соображений ясно, что когда середина облака поднимется выше высоты отражения, будет иметь место монотонный спад вариаций фазового пути с дальнейшим ростом высоты. Это следует из того, что облако в данном случае начинает выходить из зоны радиопросвечивания. Для полноты картины необходимо иметь закон этого спада, а также оценить значение максимума функции $\Delta P(z_b)$. Ответы на эти вопросы дает наклонное зондирование.

Вариации фазы при наклонном зондировании. В случае наклонного распространения радиоволн набег фазы составит

$$\Phi = k\int_0^S\sqrt{\varepsilon}dS, \quad (16)$$

где интегрирование проводится по траектории распространения волны.

Для вариации фазового пути в приближении метода возмущений имеем

$$\Delta P = \frac{1}{2}\int_0^{x_t}\frac{\varepsilon_1}{\sqrt{\varepsilon_0}\sin\varphi_0}dx, \quad (17)$$

где интегрирование ведется по невозмущенной траектории $z_0(x)$; x_t – дальность ионосферного участка трассы; $\varphi_0(x)$ – невозмущенный угол рефракции.

Упростим формулу (17), принимая во внимание закон Снеллиуса $\sqrt{\varepsilon_0}\sin\varphi_0 = \sin\varphi_н$, где $\varphi_н$ – начальный угол излучения. Тогда получим

$$\Delta P = \frac{1}{2\sin\varphi_н}\int_0^{x_t}\varepsilon_1 dx. \quad (18)$$

Для коротких наклонных трасс будем использовать одномерную гауссову модель неоднородности (5). В линейном слое (9) траектория известна и задается уравнением

$$z_0(x) = -x^2\frac{\alpha}{4\sin^2\varphi_н} + x\operatorname{ctg}\varphi_н. \quad (19)$$

При этом дальность волны в ионосфере $x_t = \frac{4}{\alpha}\sin\varphi_н\cos\varphi_н$, а точка поворота $z_p = z(x_t/2) = \frac{1}{\alpha}\cos^2\varphi_н$.

С учетом выражений (5) и (19) выражение (18) принимает вид

$$\Delta P = \frac{A}{2\sin\varphi_н}\times \int_0^{x_t}\exp\left[-\left(\frac{1}{b^2}\left(-x^2\frac{\alpha}{4\sin^2\varphi_н} + x\operatorname{ctg}\varphi_н - z_b\right)^2\right)\right]dx. \quad (20)$$

Данный интеграл можно оценить асимптотически. Необходимо рассмотреть три случая:

1. При $z_b < z_p$ аргумент экспоненциальной функции в интеграле (20) будет иметь два нуля в точках, которые являются решениями квадратного уравнения $z(x) - z_b = 0$:

$$x_{1,2} = \frac{2}{\alpha}\sin\varphi_н\left(\cos\varphi_н \pm \sqrt{\cos^2\varphi_н - \alpha z_b}\right). \quad (21)$$

Для применения метода Лапласа (7) при интегрировании выражения (20) найдем значение $\frac{d^2 g(x)}{dx^2}$ в указанных экстремальных точках:

$$\frac{d^2 g(x)}{dx^2} = \frac{2}{b^2}\left[\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(z(x) - z_b\right)\frac{d^2 z}{dx^2}\right]. \quad (22)$$

С учетом выражений (19) и (21) получаем

$$\frac{d^2 g(x_{1,2})}{dx^2} = -\frac{2}{b^2}\frac{\cos^2\varphi_н - \alpha z_b}{\sin^2\varphi_н}.$$

В результате из выражения (20) следует выражение для вариации фазового пути:

$$\Delta P = \frac{\sqrt{\pi} A b}{\sqrt{\cos^2\varphi_н - \alpha z_b}}. \quad (23)$$

При $\varphi_н = 0$

$$\Delta P = \frac{\sqrt{\pi} A b}{\sqrt{1 - \alpha z_b}}. \quad (24)$$

Выражение (23) является обобщением полученного ранее выражения (15) на случай произвольного угла падения волны на слой.

2. При $z_b > z_p$ функция $g(x)$ не имеет нулей (по этой причине в выражении для вариаций фазового пути после применения метода Лапласа появится экспоненциальный множитель $\exp(g(x_m))$, обеспечивающий убывание, см. формулу (7)), а ее максимум приходится на $x = \frac{x_t}{2}$. Для этой точки $\frac{dz}{dx} = 0$, поэтому

$$\frac{d^2 g(x_t/2)}{dx^2} = -\frac{\alpha z_b - \cos^2\varphi_н}{b^2\sin^2\varphi_н},$$

$$g(x_t/2) = -\left(\frac{\alpha z_b - \cos^2\varphi_н}{\alpha b}\right)^2.$$

Для вариации фазового пути окончательно получим

$$\Delta P = \sqrt{\frac{\pi}{2}} A b \exp\left[-\left(\frac{\alpha z_b - \cos^2\varphi_н}{\alpha b}\right)^2\right] \times \frac{1}{\sqrt{\alpha z_b - \cos^2\varphi_н}}. \quad (25)$$

Совместный анализ формул (23) и (25) показывает, что вариация фазового пути как функция аргумента z_b сначала испытывает рост, а затем экспоненциально убывает. Следовательно, $\Delta P(z_b)$ имеет максимум в окрестности точки поворота z_p. К сожалению, получить аналитически функциональное соотношение $\Delta P(z_b)$ при значениях z_b, близких к точке поворота z_p, не удается. Также невозможно найти значение аргумента z_b, при котором функция $\Delta P(z_b)$ максимальна, по той причине, что уравнение $\frac{d\Delta P(z_b)}{dz_b} = 0$ (здесь $\Delta P(z_b)$ определяется соотношением (20)) – трансцендентное, и решается только численными методами. Однако можно найти значение ΔP в точке поворота. Кроме того, можно определить, возрастает она или убывает в точке z_p; другими словами, можно ответить на вопрос: при каком условии флуктуации фазового пути максимальны – когда центр облака неоднородностей находится выше точки поворота волны или ниже ее.

3. При $z_b \approx z_p$. Запишем $z_b = z_p + \Delta z$, полагая, что $z_p >> \Delta z$. Тогда выражение (20) примет вид

$$\Delta P = \frac{A}{2\sin\varphi_н} \times \int_0^{x_t} \exp\left[-\frac{1}{b^2}\left(-\alpha\left(\frac{x}{2\sin\varphi_н} - \frac{\cos\varphi_н}{\alpha}\right)^2 - \Delta z\right)^2\right] dx.$$

Введем безразмерную переменную $\gamma = \sqrt{\frac{\alpha}{b}}\left(\frac{x}{2\sin\varphi_н} - \frac{\cos\varphi_н}{\alpha}\right)$ и проведем разложение по малому параметру Δz, сохраняя члены первого порядка малости. В результате получим

$$\Delta P(z_b) = A\sqrt{\frac{b}{\alpha}}\int \exp\left(-\gamma^4\right) d\gamma - \frac{2A\Delta z}{\sqrt{\alpha b}}\int \gamma^2 \exp\left(-\gamma^4\right) d\gamma. \quad (26)$$

В выражении (26) в силу условия $b << z_b$ пределы интегрирования можно расширить до бесконечности.

Таким образом, имеет место убывание вариации фазового пути в точке поворота z_p. Это связано с существованием максимума вариации ниже точки z_p. При $\Delta z = 0$ найдем

$$\Delta P(z_p) = A\sqrt{\frac{b}{\alpha}}\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\gamma^4\right) d\gamma = A\sqrt{\frac{b}{\alpha}} 2\Gamma\left(\frac{1}{4}\right) = I \cdot A\sqrt{\frac{b}{\alpha}}, \quad (27)$$

где $\Gamma\left(\frac{1}{4}\right)$ – гамма-функция, $I = 2\Gamma\left(\frac{1}{4}\right) \approx 1{,}81$.

Суммируя вышесказанное, можно построить искомый график функции $\Delta P(z_b)$ для любых значений аргумента (рис. 1).

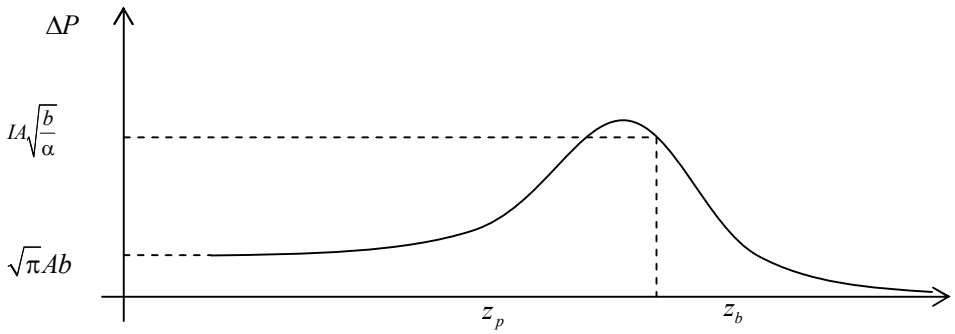


Рис. 1. Зависимость вариаций фазового пути *ДР* от высоты центра облака при $\varphi_н = 0$

Диагностика локализованной неоднородности электронной плотности. О присутствии в ионосфере локализованного возмущения в реальных условиях можно судить, по крайней мере, по двум признакам:

1) при одночастотном вертикальном зондировании существуют вариации фазы (доплеровского смещения частоты), монотонно изменяющиеся во времени. Для выявления этого признака необходимо отслеживать вариации фазы (доплеровского смещения частоты) в течение некоторого промежутка времени;

2) при многочастотном вертикальном зондировании вариации фазы будут испытывать резкий рост при приближении к определенной частоте (которая соответствует точке отражения сигнала, совпадающей с центром облака). Частотный ход вариации фазового пути был получен в результате численного моделирования для следующих параметров: критическая частота $f_{кр}$ = 8 МГц, масштаб облака b = 30 км, интенсивность облака A = 0,1 для рабочей частоты f = 6 МГц, толщина ионосферного слоя $y_т$ = 300 км, высота центра облака z_b = 169 км (рис. 2). Высота отражения сигнала при заданных параметрах совпадает с центром облака на частоте f = 6 Мгц, а наклон линейного слоя составил $\alpha = \frac{f_{кр}^{\ 2}}{f^2 y_т} = 0,006$ км$^{-1}$.

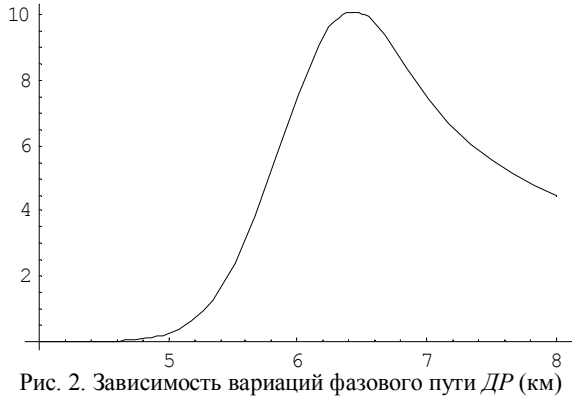


Рис. 2. Зависимость вариаций фазового пути *ДР* (км) от частоты *f* (МГц) в присутствии локализованной неоднородности

Нетрудно заметить резкий рост вариаций фазового пути при приближении частоты зондирования к значению 6 МГц, при котором точка отражения совпадает с высотой центра облака. Если точка отражения находится ниже центра облака, вариации фазового пути практически нулевые. Максимум соответствует значению 6,4 МГц, когда отраженный сигнал уже захватывает центр облака, но точка отражения еще близка к нему. Далее следует монотонный спад.

Рассмотрим задачу определения параметров локализованной неоднородности: высоты z_b, скорости V, масштаба b и интенсивности A.

Параметр z_b проще найти, применив выражение (24), т. е. используя вертикальное зондирование. Для этого необходимо, выбирая подходящий диапазон частот, оказаться справа от максимума на графике (рис. 2) – в пригодной для диагностики области, где работает соотношение (24). Определяя дважды экспериментально вариации фазы $k\Delta P_1 = k\Delta P(f_1)$ и $k\Delta P_2 = k\Delta P(f_2)$ для двух различных частот выбранного диапазона f_1 и f_2, можно получить из выражения (24) в результате решения системы из двух уравнений следующее соотношение:

$$z_b = \frac{\Delta P_1^2 - \Delta P_2^{\ 2}}{\alpha_1 \Delta P_1^2 - \alpha_2 \Delta P_2^{\ 2}}, \qquad (28)$$

где α_1 и α_2 – «наклоны» линейного слоя, соответствующие частотам f_1 и f_2.

Нахождение остальных трех параметров облака производится по следующей методике: проводится измерение доплеровского смещения частоты и вариации фазы при вертикальном зондировании на произвольной частоте f из вышеуказанного диапазона. В этом случае верны формулы (10) и (24), в которых учитывается, что интенсивность неоднородностей обратно пропорциональна квадрату рабочей частоты $A = \frac{A_1}{f^2}$:

$$\Delta f_1 = -\frac{4\sqrt{\pi}A_1 V}{\alpha b f}\frac{1}{c}\sqrt{1-\alpha z_b}\ ,\ \Delta P = \frac{\sqrt{\pi}A_1 b}{f^2\sqrt{1-\alpha z_b}}. \qquad (29)$$

Здесь важно отметить, что коэффициент α соответствует рабочей частоте *f*.

В качестве третьего уравнения возьмем выражение (27). При этом в условиях эксперимента необходимо на слабонаклонной трассе выбрать такую частоту f_p, при которой точка поворота радиоволны будет совпадать с найденным по формуле (28) центром облака неоднородностей. Частоту f_p нетрудно определить:

$$f_p = f_{\text{кр}}\sqrt{\frac{z_b}{y_{\text{т}}}\left[\frac{X_t^{\,2}}{4\left(2z_b - z_{\text{н}}\right)^2}+1\right]},$$

где $f_{\text{кр}}$ – критическая частота; $y_{\text{т}}$ и $z_{\text{н}}$ – толщина и начало слоя, задаваемые соответствующей моделью; X_t – расстояние между источником и приемником.

Таким образом, получим третье уравнение системы:

$$\Delta P\left(z_p\right) = I\frac{A_1}{f_p^{\,2}}\sqrt{\frac{b}{\alpha_p}}, \qquad (30)$$

где α_p – наклон линейного слоя, отвечающий рабочей частоте f_p.

Решение системы уравнений (29)–(30) следующее:

$$b = \left(\frac{\Delta PI}{\Delta P\left(z_b\right)}\right)^2 \frac{1-\alpha z_b}{\pi\alpha_p}\frac{f^2}{f_p^{\,2}},$$

$$A_1 = \frac{\Delta P^2\left(z_b\right)}{\Delta P}\frac{\sqrt{\pi}\alpha_p}{I^2\sqrt{1-\alpha z_b}}\frac{f_p^{\,4}}{f^2},$$

$$V = -\Delta f_1\frac{\Delta P^3}{\Delta P^4\left(z_b\right)}\frac{c\alpha\left(1-\alpha z_b\right)I^4}{4\pi^2\alpha_p^{\,2}}\frac{f^5}{f_p^{\,6}}. \qquad (32)$$

Таким образом, многочастотные измерения вариаций фазы и доплеровского смещения частоты сигналов при вертикальном зондировании и на слабонаклонной трассе, проходящей над заданным географическим регионом, позволяют восстановить параметры локализованного ионосферного возмущения. Предложенный метод решения обратной задачи наиболее эффективен в случае значительных возмущений электронной плотности по сравнению с фоновым состоянием среды. В частности, он применим для диагностики и контроля интенсивных неоднородностей электронной плотности, которые в средних широтах могут выступать в качестве одного из ионосферных предвестников сейсмических событий. Для Байкальского сейсмически активного региона организация пункта непрерывного мониторинга возмущенного состояния неоднородной структуры ионосферы возможна на базе цифрового дигизонда DPS-4, расположенного в Иркутске. Дополнительную информацию о специфических ионосферных неоднородностях над пунктом слежения можно получить из данных измерений характеристик сигнала на короткой односкачковой трассе, например, Улан-Удэ–Иркутск.

Библиографический список

1. Липеровский, В. А. Ионосферные предвестники землетрясений / В. А. Липеровский, О. А. Похотелов, С. Л. Шалимов. М. : Наука, 1992.

2. Digisonde DPS [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://ulcar.uml.edu/digisonde_dps.html. Загл. с экрана.

3. Намазов, С. А. Доплеровское смещение частоты при ионосферном распространении декаметровых радиоволн / С. А. Намазов, В. Д. Новиков, И. А. Хмельницкий // Известия ВУЗов. Радиофизика. 1975. Т. XVIII. № 4. С. 473–498.

4. Олвер, Ф. Ведение в асимптотические методы и специальные функции / Ф. Олвер. М. : Наука, 1978.

O. A. Laryunin, E. T. Ageeva, N. T. Afanasiev, V. V. Demyanov, V. V. Filonenko

RADIOPHYSICAL MONITORING OF IONOSPHERIC INHOMOGENEITIES ABOVE THE SEISMIC REGION

The possibility of using the results of measuring radio wave phase and Doppler frequency shift deviations for vertical and inclining ionosphere probing is shown for the purpose of located cloud of electron density monitoring, where as the cloud can be considered a forerunner of the earthquake.

УДК 621.34

А. А. Макаренко, В. И. Иванчура

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИНХРОННО-ГИСТЕРЕЗИСНОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Рассмотрен многодвигательный синхронно-гистерезисный электропривод с системой электропитания на базе статического преобразователя частоты. Произведен анализ комплексного сопротивления нагрузки привода, включающий анализ характеристик одиночного синхронно-гистерезисного двигателя в составе многодвигательной модульной схемы включения.

Многодвигательный синхронно-гистерезисный электропривод (МСГЭП) с системой электропитания (СЭП) на базе статического стабилизированного преобразователя частоты (СПЧС) используется при промышленном разделении изотопов урана и других химических элементов, применяемых в атомной энергетике и других отраслях науки и техники. Данное производство является энергоемким и потому актуален поиск такого метода управления СЭП, который обеспечит снижение потребления электроэнергии, увели-

чит ресурсы технологического и энергетического оборудования и позволит повысить качество технологического процесса. В числе основных критериев, используемых для рассматриваемой системы, используются стабильность питающего нагрузку выходного напряжения и динамическая устойчивость электропривода.

Поэтому с учетом изменения электрических параметров одиночного синхронно-гистерезисного двигателя (СГД), его режимов работы и особенностей многодвигательной схемы включения, необходимо обеспечить и стабилизацию питающего напряжения, и эффективное управление его энергетическими характеристиками в составе группы. Эта задача до настоящего времени не решена. В системах электропитания с одиночным СГД [1; 2] реализовано оптимальное управление СГД с использованием системы регулирования и требуемым количеством обратных связей (ОС). В рассматриваемой системе ограничено число и ОС, и ресурсов управления в связи с ее конструктивными особенностями. Поэтому обеспечить условия, которые бы позволили контролировать состояние одиночного СГД в составе группы СГД, а также осуществлять управление его энергетическими характеристиками в полной мере не представляется возможным.

Используя ресурсы управления, имеющиеся в составе МСГЭП, возможно осуществлять только импульсное подмагничивание СГД. Для эффективного управления магнитным потоком ротора необходимо контролировать положение ротора СГД относительно фазы питающего напряжения. Для этого в рассматриваемой системе потребовалось бы увеличить число ОС для каждого СГД, что нецелесообразно. При этом в рассматриваемой СЭП отмечается низкая чувствительность датчиков ОС к изменению параметров нагрузки в целом, в том числе параметров, изменяющихся вдоль шин ее подключения [3]. Авторами рассмотрено влияние падения питающего напряжения вдоль шин подключения модулей нагрузки на качество регулирования в МСГЭП и предпосылки возникновения его субгармонических колебаний в синхронном режиме.

Суть метода состоит в использовании результатов вычисления по данным измерения и обратным связям, усредненных параметров модуля распределенной нагрузки для коррекции управляющих воздействий, формируемых системой регулирования. Предполагается, что это позволит увеличить чувствительность СЭП к изменению параметров нагрузки, предупреждая появление субгармонических колебаний напряжения в системе, обеспечивая их эффективное подавление и устойчивую работу [3].

Для выявления основных особенностей схемы подключения СГД при построении математической модели многодвигательной синхронно-гистерезисной нагрузки рассмотрим общий принцип построения модульных схем.

Электропитание стабилизированным напряжением и частотой нескольких тысяч синхронно-гистерезисных двигателей мощностью 30…70 Вт осуществляется от СПЧС (рис. 1).

Группа СГД подключена к одному преобразователю и является его нагрузкой. Нагрузка разделяется на две секции, секции – на j параллельных ветвей, ветви – на i последовательных модулей, модули состоят из n параллельно подключенных СГД. Ветви попарно на концах объединены кольцевым соединением модульных шин. Между собой модули соединены перемычками с использованием транспозиции. Обозначения в схемах, которые далее будут использоваться в работе, представлены в таблице.

Нагрузка может быть представлена как суммарная комплексная проводимость:

$$Y_H = \sum_{k=1}^{j} \frac{1}{Z\nu_k + Zs\nu_k}. \qquad (1)$$

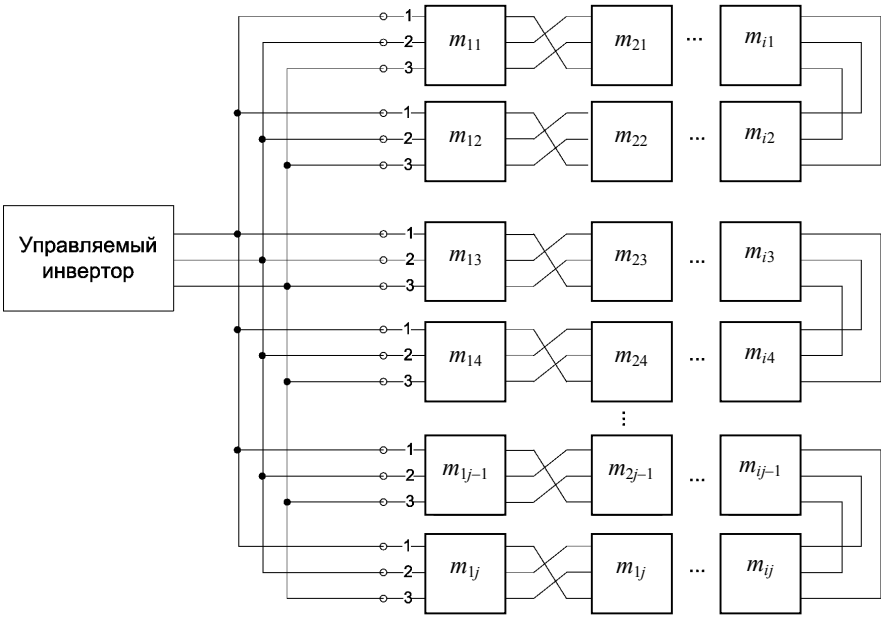


Рис. 1. Схема соединения управляемого инвертора и нагрузки:
m_{ij} – модуль нагрузки, где i – его порядковый номер в ветви; j – порядковый номер ветви

Основные обозначения

Элемент	Обозначение	Количество	Обозначение с индексом
СГД	Z	n	Z_n
Модуль	m	i	m_i
Ветвь	v	j	v_j
Нагрузка	Z_H	–	–
Сопротивление присоединения СГД	Zs	n	Zs_n
Сопротивление соединения модулей	Zsm	i	Zsm_i
Сопротивление присоединения ветви	Zsv	j	Zsv_j

Комплексное сопротивление ветви $Zн_j$ определяется по методике расчета цепных схем [4]:

$$Zv_j = Zsv_j + Zsm_{1j} + \frac{Zm_{1j} \cdot Z`_{2j}}{Zm_{1j} + Z`_{2j}}. \qquad (2)$$

Промежуточное расчетное значение суммарного сопротивления ветви для некрайнего элемента ветви

$$Z`_{kj} = Zsm_{kj} + \frac{Zm_{kj} \cdot Z`_{k+1j}}{Zm_{kj} + Z`_{k+1j}}, \qquad (3)$$

где $k = 1...i - 1$; для i-го, последнего, крайнего справа элемента ветви

$$Z`_{ij} = Zsm_{ij} + Zm_{ij}, \qquad (4)$$

где комплексная проводимость модуля

$$Ym_{kj} \; Ym_{ij} = \sum_{m=1}^{n} \frac{1}{Z_m + Zs_m}. \qquad (5)$$

Комплексное сопротивление СГД Z определяем по электрической схеме замещения, полученной из схемы замещения магнитной цепи симметричного идеализированного СГД [4]. Сопротивление присоединения СГД может быть измерено и является преимущественно активным. Это переходное сопротивление возникает в контактной группе присоединения СГД к шине.

По определению электрическая цепь ветви является линией с сосредоточенными параметрами, но, учитывая высокую частоту питающего напряжения, следует принять во внимание наличие как индуктивного, так и емкостного сопротивления, распределенного вдоль линии. В данном случае индуктивность обусловлена магнитными потоками, образуемыми близко расположенными токоведущими проводниками. Емкость определяется из геометрии взаимного расположения проводников шин и их расположения по отношению к металлоконструкциям и корпусам оборудования. Тепловые потери в шине обусловлены наличием активного сопротивления с учетом поверхностного эффекта и эффекта близости, но главным образом, сопротивлением стыков шинных модулей. Кроме того, существует и поперечная активная проводимость, возникающая вследствие диэлектрических потерь.

Модули нагрузки расположены вдоль ветви равномерно, стыки модульных шин имеют активное переходное сопротивление, значительно большее, чем активное сопротивление линии. Для описания нагрузки распределенные емкости и индуктивности представим в виде i долей. Таким образом, данная ветвь может быть представлена как i-элементный реактивный двухполюсник [4]:

$$\left.\begin{aligned} Zsm_{ii} &= rsm_{ii} + j\left(\omega Lsm_{ii} - \frac{1}{\omega Csm_{ii}}\right) \\ Zsm_{ik} &= -\left[rsm_{ik} + j\left(\omega Lsm_{ik} - \frac{1}{\omega Csm_{ik}}\right)\right] \end{aligned}\right\}, \qquad (6)$$

где Zsm_{ii} – собственное сопротивление контура i, а Zsm_{ik} – общее сопротивление связанных контуров i и k, где $k = i + 1$, без учета сопротивления модуля Zsm_i, параллельного емкостному элементу контура линии.

Учитывая схему преобразователя системы с автономным инвертором и коммутирующей емкостью на его выходе, емкостью линии можно пренебречь.

Схема замещения магнитной цепи симметричного идеализированного СГД позволяет перейти от свойств гистерезисного материала активного слоя ротора к взаимосвязанным элементам двигателя. Она построена на основе схемы магнитной цепи идеализированной симметричной гистерезисной машины с использованием общеизвестного соотношения: Ц = FЛ, где Ц – магнитный поток, F – магнитодвижущая сила (МДС), Л – магнитная проводимость. Комплексный характер магнитной проводимости обусловлен тем, что при переменном токе в магнитопроводе имеются активные и реактивные потери на гистерезис и вихревые токи. Условный начальный поток Ц отличается от потока воздушного зазора на значение потока рассеяния статора $Ц_1$. Поток в роторе $Ц_h$ меньше потока в воздушном зазоре $Ц_д$ на значение потока рассеяния в роторе $Ц_2$. Магнитодвижущая сила статора F_1 складывается из МДС воздушного зазора $F_д$ и МДС ротора F_2.

В системе используется конструкция СГД с тороидальным статором и плоским активным ротором [1], где распределению потока (рис. 2) в данной магнитной цепи соответствует электрическая схема замещения (рис. 3), на которой представлены сразу два режима работы СГД – асинхронный и синхронный. Ветвь синхронного режима (рис. 3, *б*), заменяет собой ветвь, содержащую элементы, характеризующие процессы перемагничивания активного гистерезисного слоя ротора.

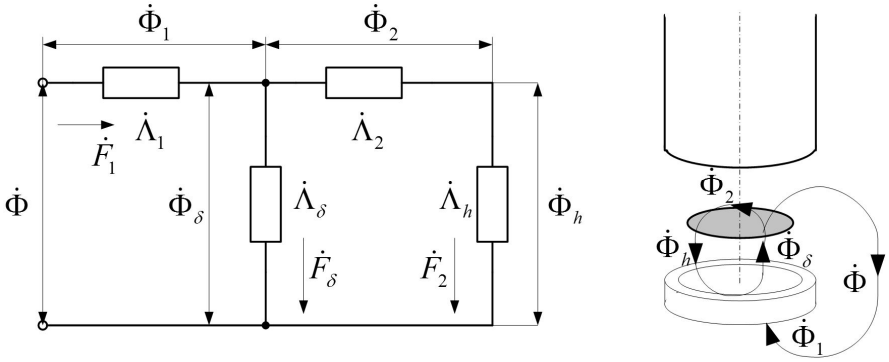


Рис. 2. Распределение потока

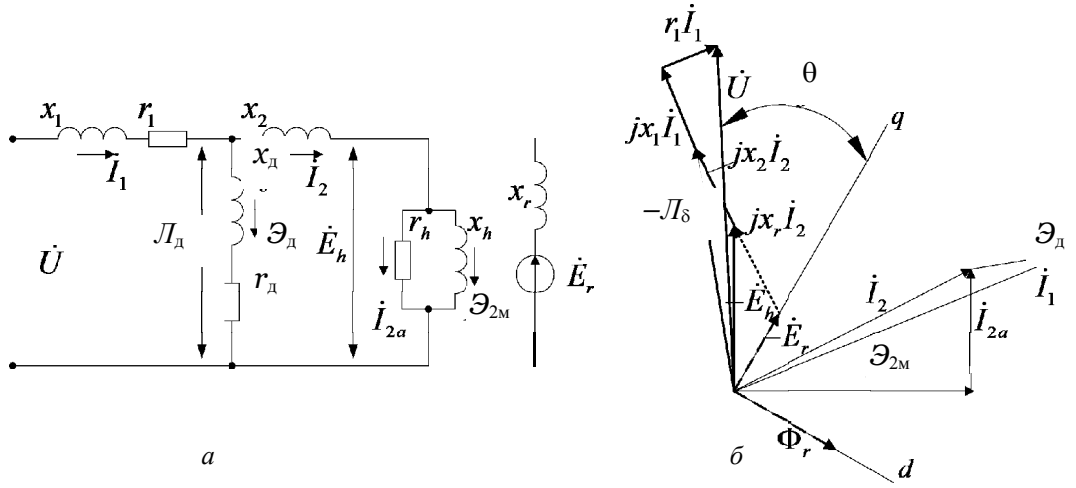


Рис. 3. Электрическая схема замещения:
а – асинхронный режим; *б* – синхронный; U – напряжение, соответствующее условному начальному магнитному потоку Ц; $E_д$ – электродвижущая сила, соответствующая магнитному потоку в воздушном зазоре Ц$_д$; E_h – электродвижущая сила, соответствующая магнитному потоку в роторе Ц$_h$; I_1, $I_д$ и I_2 – токи, соответствующие магнитодвижущим силам F_1, $F_д$ и I_2

В синхронном режиме работы гистерезисной машины часть магнитного потока Ц$_h$, равная Ц$_r$ и определяемая намагниченностью ротора, рассматривается как постоянная величина, ей соответствует ЭДС намагниченности. На схеме (рис. 3) E_r соответствует части магнитного потока ротора, остающейся неизменной при изменениях в небольших пределах тока статора и обусловленной лишь неизменной остаточной намагниченностью магнитотвердого ротора. Ток I_2 имеет активную $I_{2a} = -E_h/r_h$ и реактивную $I_{2м} = -E_h/jx_h$ составляющие. Сумма $E_h + jx_2I_2 = -E_д$ представляет ЭДС воздушного зазора. При $r_д = 0$ эквивалентный ток воздушного зазора $I_д = E_д/jx_д$. Ток статора $I_1 = I_2 + I_д$, и, соответственно, напряжение на выводах статора $U = -E_д + jx_1I_1 + r_1I_1$. Учитывая схему замещения (рис. 3), выражение для комплексного сопротивления СГД в синхронном режиме примет вид

$$Z = jx_1 + r_1 + \frac{\left(jx_r + r_r + jx_2\right) jx_\delta}{jx_r + r_r + jx_2 + jx_\delta}, \qquad (7)$$

где r_r – внутреннее активное сопротивление источника ЭДС E_r, характеризующее его особенности. Сопротивление модуля вычисляется по выражению (5).

Общий принцип индексации элементов и параметров схемы замещения показан на рис. 4.

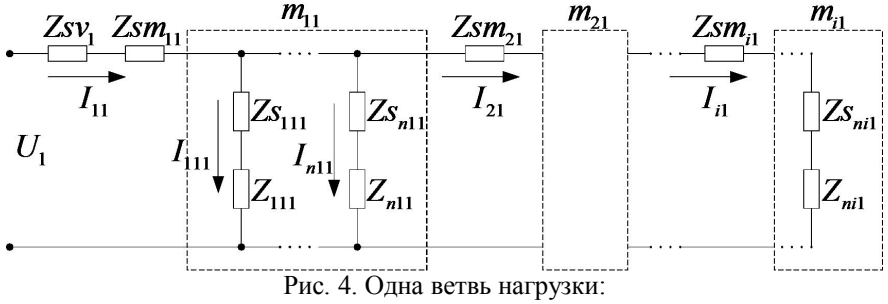


Рис. 4. Одна ветвь нагрузки:
U_1 – напряжение на ветви со стороны источника электропитания; I_{ij} – ток участка шин между соседними модулями, контурный ток (см. выражение (9)); I_{nij} – ток СГД

Методика расчета параметров усредненного модуля нагрузки, основана на методе контурных токов. Составим матрицу сопротивлений цепи (рис. 4).

Ветвь для простоты представлена в виде цепной схемы, состоящей из трех элементов:

$$Zv = \begin{pmatrix} Zsv + Zsm_1 + Zm_1 & -Zm_2 & 0 \\ -Zm_1 & Zsm_2 + Zm_1 + Zm_2 & -Zm_3 \\ 0 & -Zm_2 & Zsm_3 + Zm_2 + Zm_3 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Необходимо решить задачу, обратную задаче нахождения контурных токов по известным сопротивлениям модулей, стыков и напряжению. Требуется найти некоторое среднее для ветви значение комплексного сопротивления модуля по известным току ветви, напряжению и сопротивлениям стыков. Считая, что $Zm_1 = Zm_2 = Zm_3$, зададимся переменной Zm и независимой переменной Zsm при равенстве $Zsm_i = Zsm$ и напряжении в начале линии U = 220 В, $Zsн$ не учитывая, определяем исходные матрицы данной задачи:

$$Zv = \begin{pmatrix} Zsm + Zm & -Zm & 0 \\ -Zm & Zsm + 2Zm & -Zm \\ 0 & -Zm & Zsm + 2Zm \end{pmatrix},$$

$$U = \begin{pmatrix} U \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \; Ik = U \cdot Zv^{-1}. \quad (9)$$

Для определения усредненного комплексного сопротивления модуля Zm, необходимо из матрицы $Zн$ получить обратную матрицу $Zн^{-1}$ и по ее первому элементу

$$Yv_{0,0} = \frac{I_{0,0}}{U_{0,0}} = \frac{Zs^2 + 4ZsZm + 3Zm^2}{Zs^3 + 5Zs^2Zm + 6ZsZm^2 + Zm^3} \quad (10)$$

сформировать вектор полиномиальных коэффициентов V, необходимый для нахождения Zm. Затем найти корни полиномиальных коэффициентов вектора V, i-й элемент вектора корней DV будет определен как комплексное сопротивление усредненного модуля нагрузки (рис. 4). Выражение для расчета падений напряжения на модулях с учетом соединений модульных шин имеет вид

$$U_l = U_0 - \sum_{l=1}^{i} Zsm \cdot Ik_l, \quad (11)$$

где i для данной модели принимает произвольно значение 8 (рис. 5).

Рассмотрим свободные колебания ротора СГД в синхронном режиме. Факт падения напряжения вдоль линии подключения проявляется влиянием на формирование различий в физических свойствах СГД в начале и конце линии [3]. Данные различия касаются крутизны угловой характеристики СГД в диапазоне изменения статического момента.

Выражение, характеризующее свободные механические колебания СГД, имеет вид

$$T^2 \frac{d^2\Delta\theta}{dt^2} + 2\zeta T \frac{d\Delta\theta}{dt} + \Delta\theta = 0, \quad (12)$$

где $T = (J/p \cdot k)^{1/2}$ – период свободных колебаний; ж $= Xh/(J \cdot k/p)^{1/2}$ – коэффициент гистерезисного демпфирования; J – момент инерции вращающихся частей СГД; p – число пар полюсов СГД; Ди – угол поворота ротора при колебаниях относительно состояния синхронного равновесия; $k = dM/d$Ди – крутизна угловой характеристики СГД; M – момент СГД. Компонент коэффициента гистерезисного демпфирования, описывающий магнитные свойства СГД при гармонической линеаризации процесса колебаний, ограниченной рассмотрением первой гармонической Ди cos $ш_0 t$ собственных колебаний $ш_0 = 2pf_0(k/J)^{1/2}$ коэффициент имеет вид

$$X_h = \begin{cases} 2\dfrac{M_И}{n_В^2 \omega_0}\left(\dfrac{\Delta\theta_{p\max}}{\Delta\theta_{\max}}\right)^2 \\ 17\dfrac{M_И}{n_В^3}\left(\dfrac{\Delta\theta_{p\max}}{\Delta\theta_{\max}}\right)^3 \end{cases}, \quad (13)$$

где $M_И$ – момент СГД, определяемый как предельный синхронный; $n_В = B_П/B_И$ – кратность снижения индукции при перевозбуждении, относительно исходной; $Ди_{\max}$ – угол поворота ротора, отсчитанный от вектора напряжения при холостом ходе и моменте $M_И$; $Ди_{p\max}$ – аналогичный угол, отсчитанный от ЭДС воздушного зазора. Верхняя часть выражения (13) определяет активное затухание сильных колебаний, а нижняя – длительное существование слабых колебаний.

Данные выражения позволяют утверждать, что в группе синхронно-гистерезисных двигателей имеет место сложение колебаний напряжения с различной частотой, вызываемое, в числе прочих, дополнительно фактором падения напряжения вдоль шин подключения нагрузки.

Полученные данные предлагается использовать для настройки системы регулирования с учетом параметров колебаний напряжения на удаленных модулях нагрузки, в качестве обратной связи по напряжению. Были получены выражения, моделирующие выходной каскад преобразователя – автономный, управляемый инвертор и нагрузку [5]:

$$\begin{cases} C_k \dfrac{dU_u}{dt} = I_a - U_u \cdot Y_{нагр} \\ Y_{нагр} = \mathrm{Re}\left(Y_{нагр}\right) + \mathrm{Im}\left(Y_{нагр}\right) \\ \dfrac{dI_L}{dt} = U_u \cdot \mathrm{Im}\left(Y_{нагр}\right) \\ I_R = U_u \cdot \mathrm{Re}\left(Y_{нагр}\right) \end{cases}, \quad (14)$$

в котором Im ($Y_{нагр}$) – реактивная составляющая полной комплексной проводимости одной фазы нагрузки инвертора, а Re ($Y_{нагр}$) – активная составляющая одной фазы полной комплексной проводимости нагрузки инвертора. С учетом выражений (1)…(6) и (8)…(10), представляющих суть метода, дополнена математическая модель нагрузки представленная ранее [5].

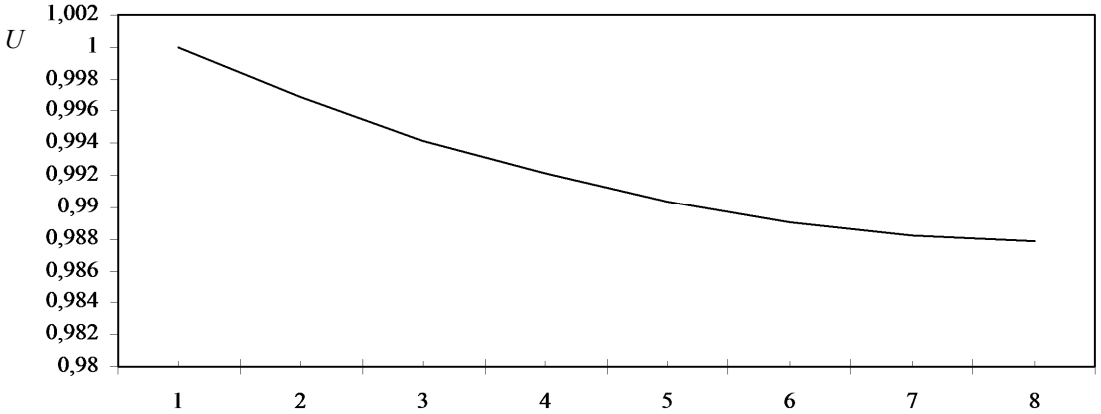


Рис. 5. Результаты моделирования одной ветви нагрузки в системе MathCAD (величина *U* представлена в относительном масштабе, за базовое принято напряжение источника питания)

Для построения СЭП с заданным качеством выходного напряжения и динамической устойчивости группового синхронно-гистерезисного привода необходимо учитывать процессы, связанные с возможными субгармоническими колебаниями питающего напряжения, обусловленными следующими причинами:

1) наличием свободных механических колебаний ротора СГД около состояния синхронного равновесия [1];

2) телесностью механических характеристик СГД при изменении параметров питающего напряжения;

3) режимами коммутации в силовой схеме СЭП, ведущими к переходным процессам в питающем напряжении и, как следствие, неравномерному и спонтанному изменению остаточной намагниченности СГД одной системы электропитания;

4) отличиями в механических характеристиках СГД одной группы, распределенной вдоль шины подключения нагрузки, возникающими вследствие падения напряжения на соединениях модульных участков;

5) недостаточной чувствительностью системы регулирования к изменению электрических параметров одиночных или параметров малой группы гистерезисных двигателей в составе общей (доминирующей) группы;

Математическая модель преобразователя с нагрузкой, где используется модель одиночного синхронно-гистерезисного двигателя [5], не дает достаточного представления о процессах, происходящих при взаимодействии гистерезисных двигателей в составе группы. Рассмотренная модель многодвигательной нагрузки дает результаты, определяющие состояние элементов нагрузки в составе общей группы и формирует общую картину взаимодействия элементов силовой схемы.

Полученная модель, несмотря на использование линеаризованных свойств СГД, дает возможность оценить состояние отдельных элементов нагрузки по данным вычисления. Данные могут быть использованы для оптимизации управления алгоритмами импульсного подмагничивания многодвигательной синхронно-гистерезисной нагрузки системы электропитания, воздействующими на энергетические характеристики СГД в ее составе. Систематизация результатов вычисления дает возможность осуществлять статистический анализ состояний элементов нагрузки и формировать рекомендации по своевременному техническому обслуживанию синхронно-гистерезисного двигателя, входящего в состав модуля.

Библиографический список

1. Делекторский, Б. А. Управляемый гистерезисный привод / Б. А. Делекторский, В. Н. Тарасов. М. : Энергоатомиздат, 1983. 128 с. : ил.

2. Никаноров, В. Б. Нестабильность энергетических характеристик гистерезисного гиродвигателя / В. Б. Никаноров // Электромеханика гироскопа : тр. МЭИ. Вып. 187. 1974.

3. Иванчура, В. И. Влияние падения напряжения на качество регулирования в многодвигательном синхронно-гистерезисном электроприводе / В. И. Иванчура, А. А. Макаренко // ЭЭЭ–2007 : сб. науч. тр. третьей науч.-техн. конф. с междунар. участием «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» (25–26 ноября 2007, г. Новосибирск). Новосибирск, 2007.

4. Атабеков, Г. И. Основы теории цепей : учеб. для вузов / Г. И. Атабеков ; под ред. С. С. Рафили. М. : Энергия, 1969. 424 с. : ил.

5. Иванчура, В. И. Построение математической модели многодвигательного синхронно-гистерезисного электропривода с преобразователем частоты / В. И. Иванчура, А. А. Макаренко // Электронные и электромеханические системы и устройства : сб. науч. тр. Новосибирск : Наука, 2007.

A. A. Makarenko, V. I. Ivanchura

MATHEMATICAL MODELLING OF SYNCHRONOUS HYSTERESIS LOAD OF ELECTRIC DRIVE

It is described synchronous hysteresis multimotor drive with power-supply system based on static stabilized frequency converter. It is analyzed the complex impedances of concerned load. The comparative analysis of single synchronous hysteresis motor and its characteristics, which are sowing up in modular feed circuits, are carried out.

УДК 519.682

О. И. Егорушкин

КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫЕ ЯЗЫКИ В НОРМАЛЬНОЙ ФОРМЕ ГРЕЙБАХ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Контекстно-свободные языки рассмотрены как формальные степенные ряды, являющиеся решением системы полиномиальных уравнений с некоммутативными относительно умножения переменными. Предложено изучать эти системы в нормальной форме Грейбах, что позволит более эффективно использовать аналитические методы. Описаны коммутативные образы контекстно-свободных языков и определяющих их систем уравнений в комплексной области.

Формальным языком L называют множество цепочек в алфавите $\{x_1, \ldots, x_n\}$, выделенных с помощью конечного набора правил. Такие цепочки, принадлежащие свободной полугруппе $\{x_1, \ldots, x_n\}^*$, называются грамматически правильными предложениями (над словарем), а конечное множество правил, с помощью которых выделяются эти цепочки, называют грамматикой. Таким образом, формальный язык определяется совокупностью соответствующих правил и способом выделения цепочек с помощью этих правил.

Практически важный класс формальных языков образуют контекстно-свободные языки (кс-языки), являющиеся мощным средством моделирования естественных языков и языков программирования [1–3]. Обозначим $W = \{x_1, \ldots, x_n\} \cup \{z_1, \ldots, z_n\}$ свободную полугруппу с операцией умножения над «расширенным» алфавитом $\{x_1, \ldots, x_n, z_1, \ldots, z_n\}$.

Словарем языка является конечное множество $X = \{x_1, \ldots, x_n\}$ слов языка, называемое терминальным множеством, а $Z = \{z_1, \ldots, z_m\}$ – множество вспомогательных символов z_j, необходимых для задания грамматических правил, называемое нетерминальным множеством; $W^* = (X \cup Z)^*$ – соответствующая свободная полугруппа относительно операции конкатенации. Дополним ее операцией формального сложения «+» мономов из множества W^* (вместо суммы можно взять объединение «$\cup$», следуя [1]), а также коммутативной операцией умножения мономов на (целые) числа. Таким образом, можно рассматривать не только многочлены, но и формальные степенные ряды с числовыми (как правило, целыми) коэффициентами от некоммутативных переменных.

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

$$z_j \to f_{j1}(x,z),\ldots,z_j \to f_{jq_j}(x,z),$$

причем z_1 – особый символ, играющий роль начала предложения в языке. Применение к нему произвольного числа подстановок порождает всевозможные правильные предложения языка.

Важной задачей теоретической информатики и ее приложений в теоретическом программировании является изучение структуры кс-языков и ее связи со структурой порождающих грамматик.

Правилам подстановки ставится в соответствие система полиномиальных уравнений [3]: каждому вспомогательному символу z_j, содержащемуся в левой части подстановки, сопоставляется уравнение $z_j = p_j(x, z)$, где $p_j(x, z) = f_{j1}(x, z) + \ldots + f_{jq_j}(x, z)$. Таким образом, кс-грамматике соответствует система полиномиальных уравнений

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

называемая системой уравнений Хомского–Щютценберже, а кс-языком называется первая компонента z_j ее решения $(z_1(x), \ldots, z_m(x))$ [3; 4], получаемого методом последовательных приближений:

$$z_j^{(k+1)} = p_j(x, z^{(k)}),\ z_j^{(0)} = 0, j = 1, \ldots, m,$$

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

В результате итераций компоненты z_j выражаются формальными степенными рядами, причем кс-язык есть тот из них, который представляет выделенный символ z_1:

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

где $< z_1, w_j >$ – числовой коэффициент при мономе w_j от некоммутативных переменных $x_1, \ldots, x_n$ (формальная сумма всех мономов и образует кс-язык).

Условие, что язык является контекстно-свободным, состоит также и в том, что многочлены $p_j(x, z)$ не содержат мономов z_j и e, где e – пустая цепочка. Таким образом, существование и единственность решения системы (1) обеспечивается ее специфической структурой и методом последовательных приближений.

Система уравнений Хомского–Щютценберже впервые изучалась аналитическими методами в работах К. В. Сафонова (например, [3]). Предложенный им подход состоял в изучении систем полиномиальных уравнений произвольной степени от многих переменных в комплексной области, что, естественно, сопряжено со значительными трудностями.

Авторы предлагают изучать вместо системы уравнений Хомского–Щютценберже эквивалентную ей систему в нормальной форме Грейбах [5. С. 127], в которой все многочлены имеют вторую степень по переменной z; переход к нормальной форме Грейбах всегда возможен за счет увеличения, быть может, числа переменных. Для уравнений второй степени аналитические методы исследования представляются более перспективными: их эффективность в большей мере зависит от степени уравнений, чем от числа переменных.

Более точно, нормальная форма Грейбах системы (1) подразумевает, что все входящие в нее много-

члены имеют вид $p_j(x, z) = f_j(z) + g_j(x, z) + h_j(x)$, где $f_j(z)$ – квадратичная форма от переменных $z_1, \ldots, z_n$, многочлен $g_j(x, z)$ линеен по $z_1, \ldots, z_n$, а многочлен $h_j(x)$ от них не зависит [5. С. 127]. А значит, можно считать, что система (1) имеет следующий вид:

$$z_j = f_j(z) + g_j(x, z) + h_j(x) = 0, j = 1, \ldots, m. \quad (3)$$

Нам понадобится понятие коммутативного образа формального ряда (многочлена) [2; 3]. А именно, поставим в соответствие формальному степенному ряду (многочлену) ряд (многочлен) с комплексными переменными, задав отображение терминальных x_i и нетерминальных z_i символов из множества $X \cup Z$ в множество комплексных переменных, причем за нетерминальными переменными z_i оставляем прежние обозначения, а терминальные символы x_i отображаем в комплексные переменные z_i соответственно, тогда $(x, z) \in C^{m+n}_{x,z}$. Таким образом, получаем фиксированный гомоморфизм, который ставит в соответствие формальному ряду (2) его *коммутативный образ* – сходящийся в окрестности нуля степенной ряд от комплексных переменных:

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

где

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

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

символ $\#c(d)$ означает число вхождений символа c в моном d.

Итак, рассмотрим систему уравнений (3). Если в ней $f_j(z) \equiv 0$ при всех j, то эта система – линейная, и порождаемый ей язык принадлежит к простейшему классу линейных языков [1; 2]. Однако важно, что существует связь с кс- и линейными языками, точнее, между их коммутативными образами.

А именно, рассмотрим коммутативный образ кс-языка z_1:

$$ci(z_1) = a_k x^k = a_{k_1,\ldots,k_n} x_1^{k_1} \ldots x_n^{k_n}, \quad (4)$$

который является алгебраической функцией, а также коммутативный образ

$$ci(L) = \sum_{k_0 \geq 0, k \geq 0} L_{k_0,k} x_0^{k_0} x^k \quad (5)$$

некоторого линейного языка над терминальными символами $x_0, x_1, \ldots, x_n$, являющийся рациональной функцией.

Будем называть ряд (4) *диагональю* ряда (5), если при всех $k_1, \ldots, k_n$, выполнено условие

$$a_{k_1,\ldots,k_n} = L_{k_1,k_1,k_2,\ldots,k_n},$$

и в следующей теореме установим, для каких именно кс-языков коммутативные образы являются диагоналями линейных языков.

Теорема 1. Если однородные многочлены второй степени $f_2(z), \ldots, f_n(z)$, входящие в систему (3), не зависят от переменной z_1, и система уравнений

$$f_j(z) = 0, \; j = 2, \ldots, n \quad (6)$$

имеет единственный нуль $z = 0$, то коммутативный образ кс-языка, порожденного системой (3), является диагональю некоторого линейного языка.

Учитывая относительную простоту структуры линейных языков и конструкции диагонали, можно сделать вывод о том, что структура широкого класса кс-языков, описанных в теореме 1, является достаточно простой.

Доказательство. Рассмотрим корни системы (3) следующим образом: будем считать переменные x и z_1 комплексными параметрами, а остальные корни $z[1] = (z_2, \ldots, z_n) = z[1](x, z_1)$ – зависящими от этих параметров. Условие теоремы 1 означает, что ни при каких значениях параметров корни системы (3) не стремятся к бесконечности (как это бывает, например, когда старший коэффициент многочлена при некотором значении параметра обращается в нуль). Следовательно, при всех значениях параметров x и z_1 число корней $z^{(k)}[1](x, z_1)$ подсистемы $p_j(x, z) = 0, j = 2, \ldots, n$ с учетом кратностей μ_k одно и то же, а потому возможно корректно определить результант этой подсистемы относительно уравнения $p_1(x, z) = 0$:

$$P(x, z_1) = \prod_k p_1^{\mu_k}(x, z_1, z^{(k)}[1](x, z_1)),$$

где в произведение входят все корни уравнения. В силу симметричной зависимости этой функции от корней и алгебраичности самих корней, результант также является симметричной алгебраической функцией, т. е. многочленом.

Согласно теореме о результанте системы [6. С. 238], кратность корня (0,0) системы (3), равная 1, совпадает с кратностью корня $z_1 = 0$ многочлена $P(x, z_1)$ при $x = 0$. А значит, для многочлена $P(x, z_1)$ выполняется условие

$$P(0, 0) = 0, \; \frac{\partial P(0, 0)}{\partial z_1} \neq 0.$$

Отсюда следует, что алгебраическая функция z_1, определяемая многочленом P, является диагональю некоторой рациональной функции от переменных $x_0, x_1, \ldots, x_n$ [7]. Поскольку каждая голоморфная в нуле рациональная функция является коммутативным образом соответствующего линейного языка, теорема 1 доказана.

Порождающая кс-язык система уравнений (3) в нормальной форме Грейбах позволяет установить и другие свойства кс-языков, например, является данный формальный степенной ряд контекстно-свободным языком или нет. Сгруппируем коммутативный образ формального языка в ряд по однородным многочленам:

$$ci(z_1) = \sum\nolimits_j (a)_j(x), \quad (7)$$

где $(a)_j(x)$ – однородный многочлен степени j.

Достаточно установить, что ряд (7) удовлетворяет уравнению степени 2, поскольку такую степень имеет система (3). Возводя ряд (7) в квадрат, получим ряд $(ci(z_1))^2 = \Sigma_j \, (a)_j^{(2)}(x)$. Тот факт, что оба ряда, будучи умноженными на многочлены, дают в сумме тождественный нуль, означает, что достаточно длинные отрезки этих рядов линейно зависимы. Таким образом, получается следующая теорема.

Теорема 2. Для того чтобы ряд по однородным многочленам (7) удовлетворял полиномиальному уравнению степени 2, необходимо и достаточно, чтобы при всех $j \geq j_0$, $l \geq l_0$ выполнялось равенство

$$\begin{vmatrix} (a)_j(x) & \dots & (a)_{j+l}(x) & (a)_j{}^{(2)}(x) & \dots & (a)_{j+l}{}^{(2)}(x) \\ (a)_{j+1}(x) & \dots & (a)_{j+l+1}(x) & (a)_{j+1}{}^{(2)}(x) & \dots & (a)_{j+l+1}{}^{(2)}(x) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (a)_{j+q}(x) & \dots & (a)_{j+q+l}(x) & (a)_{j+q}{}^{(2)}(x) & \dots & (a)_{j+q+l}{}^{(2)}(x) \end{vmatrix} \equiv 0,$$

где число $q = 2l + 1$.

Таким образом, нормальная форма Грейбах систем уравнений, порождающих кс-языки, имеет ряд преимуществ, связанных с тем, что эти уравнения имеют степень не выше второй. Так, нормальная форма Грейбах позволяет установить важную связь кс-языков с линейными языками (теорема 1), а также получить фундаментальное условие, характеризующее кс-языки (теорема 2).

Библиографический список

1. Глушков, В. М. Алгебра, языки, программирование / В. М. Глушков, Г. Е. Цейтлин, Е. Л. Ющенко. Киев : Наукова думка, 1974. 328 с.

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

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

4. Сафонов, К. В. О синтаксическом анализе и проблеме В. М. Глушкова распознавания контекстно-свободных языков Хомского / К. В. Сафонов, О. И. Егорушкин // Вестник Томского государственного университета. Приложение. 2006. № 17. С. 63–66.

5. Salomaa, A. Automata-Theoretic Aspects of Formal Power Series / A. Salomaa, M. Soitolla. N. Y. : Springer-Verlag, 1978. 176 p.

6. Айзенберг, Л. А. Интегральные представления и вычеты в многомерном комплексном анализе / Л. А. Айзенберг, А. П. Южаков. Новосибирск : Наука, 1979. 366 с.

7. Safonov, K. V. On Power Series of Algebraic and Rational Functions in C^n / K. V. Safonov // Journal of Mathematical Analysis and Applications. 2000. Vol. 243. P. 261–277.

O. I. Egorushkin

GREIBACH NORMAL FORM OF CONTEXT-FREE LANGUAGES: TNE ANALITIC APPROACH

Context-free languages are consider as formal power series, which are solutions of the polynomial equations systems with noncommutative variables respectively multiplication. It is suggested to investigate these systems in Greibach normal form, that allows to research it more effectively. Commutative images of languages and defining systems are described in complex domain.

УДК 519.872

И. А. Панфилов, Т. А. Панфилова

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА НАДЕЖНОГО ВАРИАНТА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Для создания надежного программного обеспечения (ПО) применяют такие подходы, как дублирование и мультиверсионность. Однако при этом увеличивается стоимость разработки ПО. Для автоматизации процесса разработки ПО, удовлетворяющего требованиям по надежности и стоимости, предлагается использовать генетический алгоритм.

Проблема оценки надежности программного обеспечения (ПО) возникла одновременно с его появлением. Программное обеспечение является составной частью вычислительной системы, а следовательно, надежность вычислительной системы неотъемлемо связана с надежностью установленного ПО. Традиционно при оценке надежности программного обеспечения использовались классические методы теории надежности, такой подход и сейчас во многом себя оправдывает. Однако по мере развития вычислительной техники пришло четкое понимание того, что ПО – не просто составная часть вычислительной техники. В современных условиях развития цифровой техники специализированное ПО перестало быть принадлежностью одной вычислительной системы (как это было раньше), а стало использоваться на миллионах аналогичных компьютеров (в основном – персональных). Таким образом, проблема обеспечения устойчивого функционирования расчетных программ, выявления их ошибок, сегодня крайне остро стоит перед разработчиками. За прошедшие десятилетия было создано множество методов, методик и моделей исследования надежности ПО. Однако, к сожалению, единого подхода к решению этой проблемы предложено не было и, по-видимому, в ближайшее время не предвидится. Тем не менее, при разработке сложных программных

систем их создатели стараются в той или иной степени получить оценку надежности ПО. Более правильный подход заключается в последовательном оценивании надежности программ на каждом этапе разработки.

Р. В. Юнусов предлагает модели оценки надежности для различных этапов разработки ПО. В частности, указывает на сложность архитектуры ПО как на один из факторов, влияющих на его надежность. Рассматриваются такие свойства архитектуры, как статическая и динамическая зависимость компонентов, интерфейсы компонентов, связь и управление, загруженность системы, среднее время простоя системы, размер компонентов. Надежность программного обеспечения определяется как вероятность того, что оно функционирует без сбоев, в определенной операционной среде, в течение определенного промежутка времени. Коэффициент надежности архитектуры ПО можно оценить по формуле

$$R = \sum_{j=1}^{M} \sum_{i=1}^{Nj} PU_{ij} \cdot R_{ij}, \qquad (1)$$

где M – число уровней архитектуры ПО; Ni – число компонент на уровне i, i = 1, ,.., M; PU_{ij} – вероятность использования компонента; R_{ij} – надежность компонента.

Оценить данные параметры на фазе разработки архитектуры невозможно, численные показатели в модель берутся непосредственно на фазах кодирования и тестирования.

Кроме того, на надежность влияют ошибки, допущенные на фазе кодирования ПО. Количество ошибок, в свою очередь, зависит от квалификации и опыта разработчиков, а также от способа тестирования ПО. Одним из самых часто используемых параметров оценки корректности ПО является плотность ошибок.

Начальную плотность ошибок можно оценить как

$$D = C \cdot F_{ph} \cdot F_{pt} \cdot F_m \cdot F_s, \qquad (2)$$

где F_{ph} – коэффициент фазы тестирования; F_{pr} – коэффициент командного программирования; F_m – коэффициент опытности и «зрелости» процесса разработки ПО; F_s – коэффициент структурирования; C – константа, определяющая количество ошибок/KLOC (ошибок на тысячу строк исходного кода).

Коэффициенты F_{pr}, F_m, F_s и C зависят только от мастерства и опыта команды разработчиков:

– коэффициент командного программирования F_{pr}: плотность ошибок зависит от конкретных людей, их опыта написания программ и отладки. Можно принять следующие значения параметра: «Высокий», «Средний», «Низкий». Числовые показатели определяются и задаются экспертом;

– коэффициент опытности и «зрелости» процесса разработки ПО F_m. Можно принять следующие значения параметра: «Уровень 1», «Уровень 2», «Уровень 3», «Уровень 4», «Уровень 5». Числовые показатели определяются и задаются экспертом;

– коэффициент структурирования F_s: этот параметр берет во внимание зависимость плотности ошибок от языка программирования (отношение количества кода на ассемблере и языка высокого уровня).

$$F_s = 1 + 0{,}4a,$$

где a – отношение количества кода на ассемблере и языка высокого уровня. Предполагается, что код на ассемблере может содержать на 40 % ошибок больше.

На фазе тестирования возможно использование различных методик, каждая из которых обладает собственными свойствами, временными характеристиками, различающихся по стоимости. Фаза тестирования самая продолжительная и может занять до 60 % от всего проекта. Во время тестирования выявляется самое большое количество ошибок в ПО.

Рассмотрим меры покрытия теста, используемые на данной фазе:

1) покрытие выражений – доля всех условных выражений, выполненных во время теста;

2) покрытие ветвлений – доля всех ветвлений, выполненных во время теста;

3) покрытие предикатов – доля всех переменных, используемых для проверки условий перед условным переходом.

В начальной плотности ошибок (2) коэффициент фазы тестирования (F_{ph}) принимает следующие значения: «Тестирование модуля», «Подсистемы», «Системы», «Приемлемость». Числовые показатели определяются и задаются экспертом.

Параметры для оценки D по выражению (2) должны быть скорректированы с использованием данных, накопленных в результате деятельности разработчиков ПО. Коэффициент C обычно лежит в диапазоне от 6 до 20 ошибок/KLOC. Можно брать как средние, так и максимальные и минимальные значения для оценки диапазона плотности ошибок.

Кроме того, на стоимость, надежность и время разработки ПО часто накладываются жесткие ограничения. И наконец, разрабатываемое ПО, помимо удовлетворения требованиям надежности и стоимости, должно справляться с задачами, для которых оно создается.

Формализация задачи разработки надежного ПО должна привести к оптимизационным постановкам. При этом очевидны две группы критериев:

– критерии надежности, которые должны быть максимизированы,

– критерии стоимости, которые должны быть минимизированы.

Становится ясно, что речь идет о многокритериальной задаче оптимизации. Совершенно очевидно противоречие критерия стоимости разработки по отношению к критерию надежности. Время разработки можно отнести к критериям стоимости: они оказываются вполне согласованными (при увеличении одного – второй также растет и рост обоих должен приводить к увеличению надежности).

Приведем формальную запись построенной оптимизационной модели:

$$\text{Н}_{\text{по}}(R_1, \ldots, R_i, \ldots, R_N, L_1, \ldots, L_i, \ldots, L_M, D, T) \to \max,$$
$$\text{С}_{\text{по}}(N, M, D, T, Hr) \to \min,$$

при ограничениях

$$Hr(\text{Н}_{\text{по}}, D, T) < \text{Lim}(Hr),$$
$$\text{С}_{\text{по}} < \text{Lim}(\text{С}_{\text{по}}),$$

где $\text{Н}_{\text{по}}$ – критерий оценки надежности; $\text{С}_{\text{по}}$ – критерий оценки стоимости; R_i – надежность i-го компонента

ПО, $i = 1 \ldots N$; L_j – надежность связей компонентов типа $j = 1 \ldots M$; D – согласованный критерий, определяющий квалификацию разработчиков; T – способ тестирования ПО; Hr – время разработки ПО; $\mathrm{Lim}(Hr)$ – ограничение по времени на разработку ПО; $\mathrm{Lim}(C_{по})$ – ограничение по стоимости ПО.

Таким образом, для автоматизации процесса разработки надежного ПО необходимо решить задачу многокритериальной условной смешанной оптимизации. В качестве приемлемого средства решения такой задачи был выбран генетический алгоритм. Однако для работы генетического алгоритма необходимо закодировать каждое решение в бинарную строку конечной длины – хромосому. Здесь решение – это набор параметров, однозначно определяющий структуру ПО и характеристики процесса разработки. Наш же алгоритм должен работать с вариантами ПО произвольной конфигурации. То есть нам заранее не известно не только значение параметров ПО, но и их количество. То есть среди вариантов ПО, которые рассматривает алгоритм, могут оказаться такие, которые отличаются количеством типов компонент и связей, а значит и количеством наборов данных.

Длина бинарной строки зависит от количества компонент проектируемой программной системы и от количества версий блоков, отвечающих за выполнение одинаковых функций. Также хромосома содержит информацию о дублировании компонент программной системы, надежностные характеристики отдельных компонент, информацию о квалификации группы программистов, занимающихся кодированием программной системы. При декодировании хромосомы по всем этим характеристикам даются оценки надежности и стоимости программной системы в целом. В зависимости от сложности задач, стоящих перед проектируемым ПО, и решений, генерируемых и получаемых в процессе работы алгоритма, длина хромосомы может варьироваться от 30 до 200 генов. На решения, содержащие более 200 генов, накладывается ограничение по сложности, и они оцениваются со штрафом.

И. А. Панфиловым был предложен модифицированный генетический алгоритм с переменной длиной хромосомы [2]. Алгоритм применялся к решению задачи проектирования многопроцессорных вычислительных систем. В модифицированном генетическом алгоритме был реализован оригинальный оператор процентного скрещивания, позволяющий скрещивать хромосомы разной длины. Схема процентного скрещивания для случая, когда в качестве точки скрещивания выбирается точка – 50 %, представлена на рис. 1. Также после модернизации механизма процентного скрещивания была предложена схема двухточечного процентного скрещивания (рис. 2), в качестве точек скрещивания были выбраны точки 25 и 75 %.

Работа операторов скрещивания организована таким образом, чтобы получаемые в результате решения были допустимыми, однозначно трактовались и содержали информацию только из родительских хромосом.

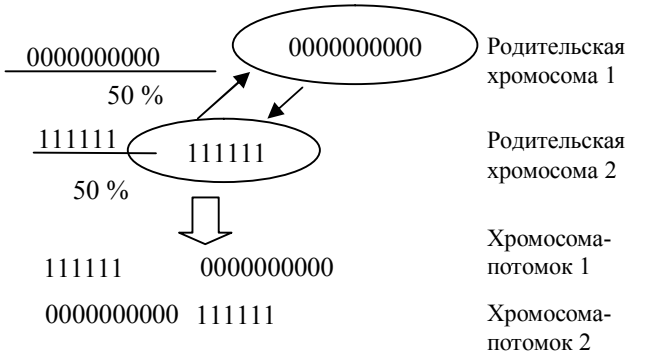


Рис. 1. Схема процентного скрещивания

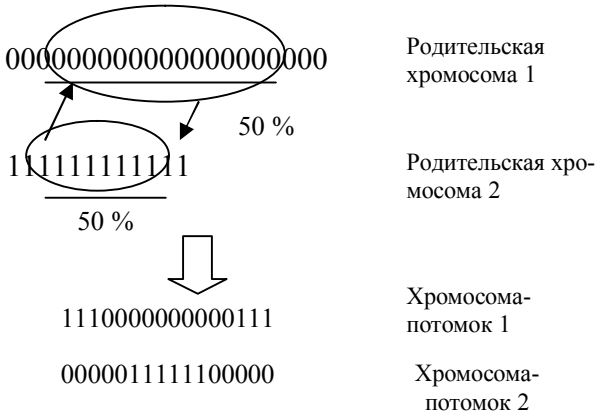


Рис. 2. Схема двухточечного процентного скрещивания

Также И. А. Панфиловым предложены подходы к решению многокритериальной задачи. Однако, очевидно, что для поставленной задачи потребуются новые исследования алгоритма. Таким образом, для решения задачи автоматизации процесса разработки надежного ПО предлагается модифицировать указанный алгоритм.

Библиографический список

1. Юнусов, Р. В. Система модельно-алгоритмической поддержки многоэтапного анализа надежности программных средств : дис. ... канд. техн. наук / Р. В Юнусов. Красноярск, 2003.

2. Панфилов, И. А. Модели и алгоритмы выбора эффективной конфигурации многопроцессорных систем обработки информации и управления : дис. ... канд. техн. наук / Илья Александрович Панфилов. Красноярск, 2006.

I. A. Panfilov, T. A. Panfilova

FORMALIZATION OF RELIABLE VARIANT OF SOFTWARE CHOICE PROBLEM

For design reliable software are usually used such methods as multi versions and duplication. But it lead to increasing the cost of the software. For automation the process of design the reliable and cheap software are supposed to use the modification of genetic algorithm.

УДК 614.8.06.001:331.4

В. В. Москвичев, А. В. Тридворнов

ЗОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПО СТЕПЕНИ ПРИРОДНОГО, ТЕХНОГЕННОГО И КОМПЛЕКСНОГО РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Рассмотрены вопросы оценки и зонирования чрезвычайных ситуаций для территории Красноярского края. Выполнена оценка отдельных компонент территориального риска для Красноярского края с построением карт рискоопасных территорий.

Развитие экономического потенциала Сибири во многом определяется освоением новых территорий с богатыми природными и энергетическими ресурсами. В основном эти ресурсы расположены в труднодоступных таежных местах и лесотундре. Очевидно, что для освоения ресурсов необходимо создать мощную инфраструктуру с сетью транспортных и энергетических коммуникаций, жилыми комплексами и системами жизнеобеспечения. При планировании и строительстве таких систем возникают вопросы о возможных угрозах как природной среде со стороны создаваемой техносферы, так и техносфере со стороны достаточно суровых природно-климатических факторов. Сказанное в полной мере относится к территории Красноярского края, где расположены перспективные месторождения нефти и газа, полиметаллов, золота, строится Богучанский промышленный комплекс. В связи с этим актуальна задача оценки возможных угроз и районирования территории края по уровню риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) с целью совершенствования региональной системы мониторинга и предупреждения ЧС, оптимизации размещения промышленных объектов и инфраструктуры.

Анализ источников опасности и угроз показывает, что на территории края возможно возникновение ряда природных, техногенных и природно-техногенных ЧС [1]. Неравномерность их распределения, различия зон действия и масштабов возможных угроз приводят к необходимости оценки территориального риска и его районирования. С учетом этого сформулируем расчетную модель, позволяющую дать количественную оценку территориальных рисков. В общем случае риск для территории площадью S можно представить в виде

$$R(S) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l}\int_{S} P_{ijk}(S)V_{ijk}(S)U_{ijk}(S)dS\,, \qquad (1)$$

где n, m, l – число возможных ЧС природного, техногенного и природно-техногенного характера соответственно; $P_{ijk}(S)$ – вероятность возникновения ЧС; $V_{ijk}(S)$ – вероятность поражения природной среды, населения и инфраструктуры при ЧС; $U_{ijk}(S)$ – ущербы и потери от ЧС.

Таким образом, решение задачи оценки территориального риска в форме (1) требует проведения детального анализа статистики ЧС с оценкой «эталонной» площади, интенсивностей событий, ущербов и вероятностей поражения.

Общая характеристика угроз на территории Красноярского края. Анализ статистики ЧС, зафиксированных территориальной подсистемой РСЧС на территории Красноярского края, показал следующее. За рассматриваемый период произошло 278 техногенных и 43 природных ЧС, в том числе 4 урагана, 16 наводнений и 19 крупных лесных пожаров. По статистическим данным МЧС РФ повторяемость местных и региональных природных ЧС в крае не превышает 3–5 событий в год, что находится на среднем уровне для Российской Федерации. В то же время повторяемость ЧС межрегионального и федерального уровней оказывается выше среднероссийской и достигает 0,8 событий в год. Повторяемость ЧС техногенного характера находится в пределах 5–10 событий в год. При этом основная доля ЧС относится к локальному и муниципальному уровню. Региональные ЧС отмечаются с интенсивностью 0,4 события в год, а межрегиональные и федеральные – менее 0,2 событий в год.

Наиболее масштабным источником природных ЧС на территории края являются паводковые и ливневые наводнения. Поскольку большинство населенных пунктов края, а также значительные площади сельхозугодий находятся в долинах рек, опасность наводнений здесь очень велика.

Другой опасной компонентой природного риска в крае является угроза землетрясений. Центральная часть края относится к зоне сейсмической опасности с интенсивностью 5–6 баллов, а южная часть – с интенсивностью 7–8 баллов. Особая опасность землетрясений связана с возможными вторичными техногенными катастрофами на взрывопожароопасных, химически и гидродинамически опасных объектах в Красноярске, Зеленогорске, Железногорске, Дивногорске и других городах.

Помимо наводнений, землетрясений и опасных метеорологических явлений определенную угрозу представляют сходы снежных лавин (в основном, в Ермаковском районе), сильные морозы и туманы. Эти явления редко приводят к жертвам, однако могут спровоцировать техногенные ЧС (крупные ДТП, аварии на системах ЖКХ), связанные с гибелью людей, нарушением условий жизнеобеспечения и большим материальным ущербом.

Характерным видом природно-техногенных (природно-антропогенных) ЧС в крае являются лесные пожары. Возникновение первых очагов пожаров приходится на последнюю декаду апреля и первую половину мая, а самая высокая горимость лесов имеет место в первой и второй декадах июля. Наиболее горимыми являются леса Абанского, Богучанского, Мотыгинского, Тасеевского, Пировского, Кежемского, Енисейского районов (рис. 1). Загораемость лесов повышается по мере увеличения объема лесозаготовок и уровня хозяйственного освоения территорий. Макси-

мальная загораемость лесов наблюдается в лесостепных районах, что обусловлено большой плотностью населения и интенсивной хозяйственной деятельностью. Необходимо подчеркнуть, что при возникновении лесных пожаров для 126 населенных пунктов возникает угроза распространения огня на жилые и хозяйственные постройки.

Структура техногенных ЧС в крае в основном обусловлена особенностями промышленного и жилищного секторов. На рассматриваемом интервале времени произошло 2 аварии с выбросом химически опасных веществ, 10 обрушений зданий и сооружений различного назначения, 31 авария энергосистем, 44 аварии на коммунальных системах, 24 пожара и взрыва на промышленных объектах, 119 бытовых пожаров, 9 взрывов боеприпасов, 39 тяжелых транспортных аварий и дорожно-транспортных происшествий. Наиболее опасными по этой компоненте угроз являются Курагинский, Емельяновский, Рыбинский, Тюхтетский, Мотыгинский районы.

Наиболее тяжелым последствием техногенных ЧС является гибель людей. Так, в среднем в крае ежедневно происходит 20 бытовых пожаров, в результате которых погибает 1–2 человека. Количество пожаров в пересчете на 100 тыс. населения составляет 210 случаев, что значительно (на 16,7 %) превышает общероссийский показатель (179,4 пожара). Число погибших при пожарах на 100 тыс. населения составляет 14 человек, что также выше аналогичного общероссийского показателя на 7,3 %.

Вторым по количеству погибших и пострадавших видом ЧС техногенного характера являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Наибольшее число тяжелых ДТП отмечается в Боготольском, Березовском и Ермаковском районах.

На третьем месте по вкладу в уровень гибели и величину риска находятся пожары и взрывы на промышленных предприятиях, а также внезапные обрушения зданий и сооружений. Согласно статистическим отчетам, в период с 2001 по 2006 гг. на промышленных предприятиях Красноярского края произошло 24 пожара, в которых погибло 9 человек и зафиксировано 10 случаев внезапного обрушения зданий и сооружений, что привело к гибели 8 человек.

Несмотря на то, что на территории Красноярского края находится 72 крупных химически опасных объекта, а также ряд взрывоопасных объектов, угроза аварий на них оказывается незначительной. В рассмотренный период в этом секторе промышленности были зафиксированы лишь незначительные инциденты.

Серьезным потенциальным источником техногенной опасности в крае являются гидротехнические сооружения. В настоящее время на территории края находится 4 действующих и одна строящаяся ГЭС и более 6 000 малых гидротехнических сооружений (плотин, дамб и пр.). При этом около 30 плотин имеют аварийное, а более 50 предаварийное состояние. Аварии на плотинах прудов и водохранилищ могут привести к образованию волны прорыва и разрушению объектов, находящихся в нижнем бьефе. При этом среднее число жертв может составить 3–5 человек, а ущерб от 5 до 15 млн руб.

Обобщенные средние экономические прямые потери в крае по статистическим оценкам составляют 1,3–1,4 млн руб. на ЧС в год при общей сумме ущербов 420–720 млн руб. Дать более детальный анализ экономических потерь не представляется возможным ввиду отсутствия полной статистики ущербов, включающей не только прямые, но и косвенные потери.

Оценка и зонирование территориальных рисков. Из вышеизложенного следует, что одной из основных компонент территориального риска является индивидуальный риск гибели при возникновении ЧС. Обобщенная статистическая оценка вероятности гибели людей на территории края составляет 0,26 для техногенных ЧС и 0,005 для природных ЧС.

Статистические оценки вероятностей гибели при различных видах техногенных ЧС имеют следующие значения: при обрушениях зданий и сооружений – 0,22; при взрывах и пожарах на промышленных объектах – 0,07; при бытовых пожарах – 0,45; при взрывах боеприпасов – 0,022; при транспортных авариях – 0,66. Таким образом, наиболее «трагичными» техногенными ЧС являются бытовые пожары и транспортные аварии.

С учетом численности жителей в населенных пунктах с критически важными объектами и в зонах проявления природных ЧС обобщенное значение индивидуального риска гибели при ЧС для территории края находится на уровне не ниже $8{,}27 \cdot 10^{-8}$ на ЧС в год. При этом для техногенных ЧС данный показатель составляет $9{,}65 \cdot 10^{-8}$ на ЧС в год, а для природных ЧС – $1{,}72 \cdot 10^{-9}$ на ЧС в год. Оценка комплексного риска составляет около $1{,}8 \cdot 10^{-9}$ на ЧС в год.

Детальный анализ статистики и расчет значений индивидуальных рисков для различных видов угроз и районов края показал следующее. Риск гибели при бытовых пожарах составляет $4{,}8 \cdot 10^{-6}$–$1{,}42 \cdot 10^{-4}$ на ЧС в год. При этом для большинства районов он находится в диапазоне $1{,}3 \cdot 10^{-5}$–$9{,}15 \cdot 10^{-5}$ на ЧС в год. Наиболее опасными по этому виду риска являются Тюхтетский, Шарыповский, Ачинский, Краснотуранский районы.

Пожары и взрывы на промышленных объектах в статистике ЧС представлены малым числом событий. Поэтому полученные оценки индивидуального риска: $2{,}29 \cdot 10^{-6}$–$1{,}08 \cdot 10^{-4}$ на ЧС в год – можно считать ориентировочными. Аналогичная ситуация наблюдается для угроз в виде обрушений зданий и сооружений. Здесь риск составляет $3{,}08 \cdot 10^{-6}$–$1{,}09 \cdot 10^{-5}$ на ЧС в год.

Риск гибели при транспортных авариях находится в довольно широких пределах: $9{,}14 \cdot 10^{-7}$–$1{,}53 \cdot 10^{-4}$ на аварию в год. Риск гибели по другим источникам опасности достоверно оценить не представляется возможным ввиду отсутствия соответствующих статистических данных.

Следует отметить, что в ряде стран ЕС установлена допустимая норма индивидуального риска для населения на уровне $1 \cdot 10^{-6}$. Этот уровень установлен и в требованиях ГОСТ 12.3.047–98 «Пожарная безопасность технологических процессов». Принимая во внимание указанные выше результаты, можно сделать вывод о том, что по ряду источников угроз на территории Красноярского края эти нормы выполняются.

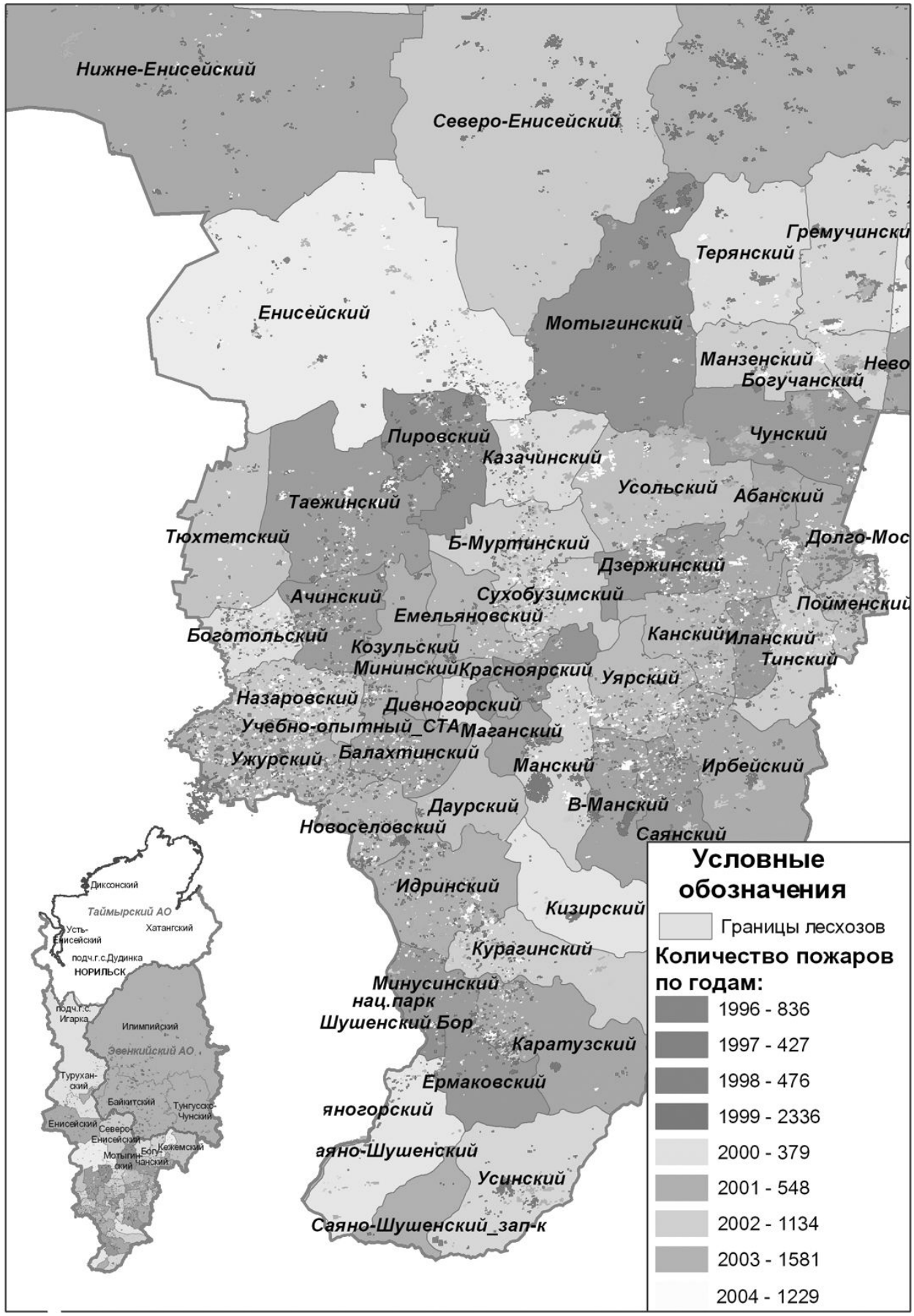


Рис. 1. Территории рисков лесных пожаров

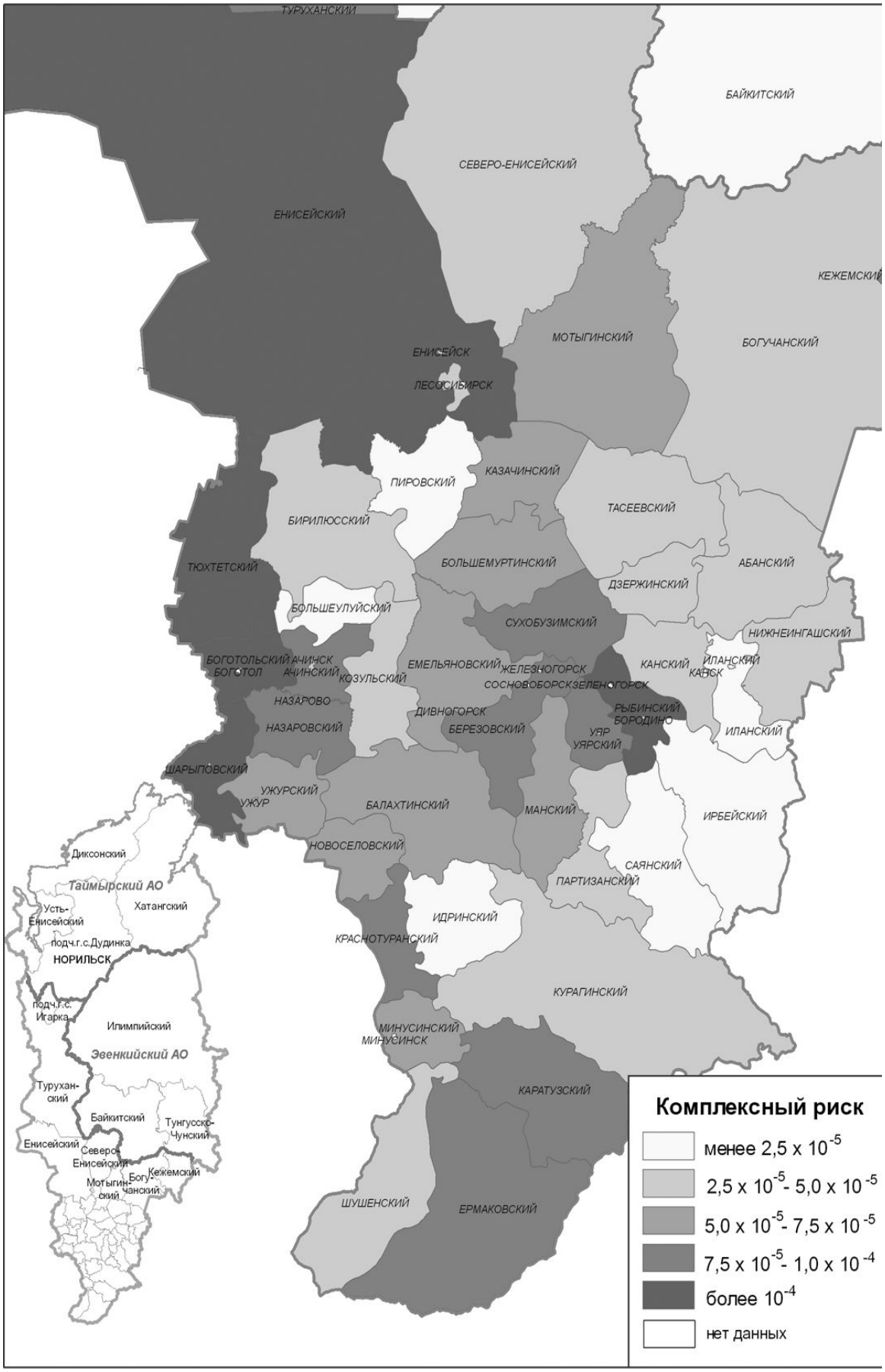


Рис. 2. Карта комплексного риска природных и техногенных ЧС

Оценка коллективного риска при техногенных и природных ЧС представляет собой довольно сложную задачу, требующую оценки вероятностей поражения в разных зонах поля действия угроз и количества людей в этих зонах угроз. Статистические оценки коллективного риска на имеющейся в настоящее время информационной базе оказываются недостоверными или практически невозможными. Поэтому для оценок были использованы результаты анализа риска, представленные в Декларациях безопасности опасных производственных объектов на территории Красноярского края и экспертные оценки. По этим данным, коллективный риск гибели на предприятиях химического комплекса оценивается как $3{,}8 \cdot 10^{-4}$–$8{,}6 \cdot 10^{-5}$ чел./г.; на предприятиях нефтехимического комплекса – $4{,}3 \cdot 10^{-4}$–$2{,}3 \cdot 10^{-5}$ чел./г.; на взрыво- и пожароопасных объектах – $6{,}4 \cdot 10^{-5}$–$7{,}3 \cdot 10^{-6}$ чел./г.

Оценка социальных рисков выполнена для случаев аварий на взрывопожароопасных и химически опасных объектах, для которых в официальных источниках представлены необходимые данные. Из полученных результатов следует, что социальный риск при авариях на взрыво- и пожароопасных объектах находится в пределах $1{,}98 \cdot 10^{-9}$–$1{,}13 \cdot 10^{-5}$ чел./г. При авариях на химически опасных объектах этот показатель находится в пределах $1{,}9 \cdot 10^{-10}$–$1{,}16 \cdot 10^{-7}$ чел./г. Столь малые расчетные значения вероятностей социально значимых потерь отчасти соотносятся с опытом. На исторически наблюдаемом отрезке времени интенсивного промышленного развития в крае не зафиксированы крупные техногенные аварии с гибелью или поражением групп людей.

Комплексные риски возникают вследствие возможного наложения источников угрозы на рассматриваемой территории края. Оценки комплексных рисков были выполнены в предположении независимости появления источников угрозы и отсутствия мультипликативных эффектов (рис. 2). Из полученных результатов видно, что наиболее рискоопасными территориями края являются Емельяновский, Березовский, Шарыповский, Уярский, Рыбинский, Енисейский районы и Красноярск. Этим территориям необходимо уделять первостепенное внимание при разработке краевых целевых программ мониторинга угроз и снижения рисков природных и техногенных ЧС. Рискоопасность территории данных районов следует учитывать и при разработке целевых программ долгосрочного экономического и социального развития территорий края.

Полученные результаты указывают на принципиальную возможность решения задачи оценки и районирования рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера с построением карт или атласов риска как для отдельных территорий, так и в целом для Сибирского федерального округа.

Библиографический список

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности, Красноярский край. М. : МГФ «Знание», 2001. 574 с.

V. V. Moskvichev, A. V. Tridvornov

ZONING OF TERRITORY OF KRASNOYARSK REGION ON DEGREE OF NATURAL, MAN-MADE AND COMPLEX RISKS

Questions of estimation and risks zoning of the Krasnoyarsk region are considered. Estimation of some components of territory risks for the Krasnoyarsk region territory is made. Maps of risk dangerous territories was constructed.

УДК 004.891

А. А. Вовк, Г. М. Цибульский, А. А. Латынцев

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ «И/ИЛИ» ДЕРЕВА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ[1]

Предложена новая технология построения «И/ИЛИ» дерева, позволяющая формировать базу знаний и «И/ИЛИ» дерево экспертной системы пользователем-природоведом без использования компонента «извлечение знаний». Разработан новый алгоритм построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева, основанный на объединении решающих «И» деревьев класса задач. Доказана сходимость такого процесса.

Доминирующая в настоящее время технология корректировки базы знаний экспертной системы поддерживается компонентом ЭС «извлечение знаний», пользователем которой является когнитолог. При этом обобщенное дерево решения задач ЭС должно быть задано априори [1]. В этих условиях актуальной является разработка технологии формирования адекватной базы знаний и соответствующего «И/ИЛИ» дерева, обеспечивающих проблемную ориентацию ЭС, ориентированную на работу с пользователем-природоведом.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07–01–00326) и аналитической целевой программы Министерства образования и науки (РПН.3.1.1.5349).

Описание цели представляет собой кластер, заданный в некотором признаковом пространстве $X(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ значениями эталона $E(e_1, e_2, \ldots, e_n)$ и критерия компактности e.

Пусть задано «И/ИЛИ» дерево, представляющее собой граф редукции исходной цели, полученной от пользователя, на подцели. Корневая вершина дерева соответствует описанию исходной цели, т. е. кластеру в пространстве целей. Дочерние вершины каждой вершины дерева соответствуют описаниям подцелей, для цели, описываемой данной вершиной. Концевые вершины, не имеющие дочерних вершин, соответствуют описаниям элементарных целей, не разбиваемых на подцели.

Между ребрами «И/ИЛИ» дерева существуют отношения. Это отношения «И» и «ИЛИ», в зависимости от того, должна ли быть достигнута только одна из подцелей текущей цели или же несколько из них. В общем случае из вершины могут выходить ребра, находящиеся в отношении «И» вместе с ребрами, находящимися в отношении «ИЛИ». Всякое «И/ИЛИ» дерево можно привести к виду, когда каждая вершина имеет либо дочерние вершины только типа «И», либо только типа «ИЛИ». Вершина, из которой выходят только «И» ребра, называется «И» вершиной. Вершина, из которой выходят только «ИЛИ» ребра, – «ИЛИ» вершиной. Если из вершины выходит только одно ребро, то такую вершину можно считать как «И» вершиной, так и «ИЛИ» вершиной. Для определенности такие вершины считаются «И» вершинами.

Достижением некоторой цели, заданной пользователем, является поддерево данного «И/ИЛИ» дерева. Такое *решающее дерево T* определяется следующим образом:

– исходная задача *P* – это корень дерева *T*;

– если *P* является «ИЛИ» вершиной, то в *T* содержится только одна из ее дочерних вершин (из «И/ИЛИ» дерева) вместе со своим собственным решающим деревом;

– если *P* – это «И» вершина, то все ее дочерние вершины (из «И/ИЛИ» дерева) вместе со своими решающими деревьями содержатся в *T*.

Решающее дерево для исходной цели является «И» деревом, так как все его вершины являются вершинами типа «И». Если «И/ИЛИ» дерево априори не задано, процесс достижения цели сводится к построению решающего «И» дерева.

Две цели относятся к одному классу целей тогда и только тогда, когда корневые вершины решающих деревьев для данных целей соответствуют одному и тому же кластеру в пространстве целей. Задача данной работы – разработать технологию построения «И/ИЛИ» дерева, обобщающего решающие «И» деревья для класса целей, путем многократного достижения целей данного класса.

Совпадающие кластеры. Пусть в некотором признаковом пространстве $X(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ заданы два кластера A_1 и A_2 своими эталонами $E_1(e_{11}, e_{12}, \ldots, e_{1n})$ и $E_2(e_{21}, e_{22}, \ldots, e_{2n})$ и критериями компактности e_1 и e_2.

Кластеры A_1 и A_2 называются *совпадающими*, если эталон каждого из них принадлежит другому кластеру (рис. 1). То есть с $(E_1, E_2) < \min(e_1, e_2)$, где $c(E_1, E_2)$ – евклидово расстояние между E_1 и E_2 в пространстве X.

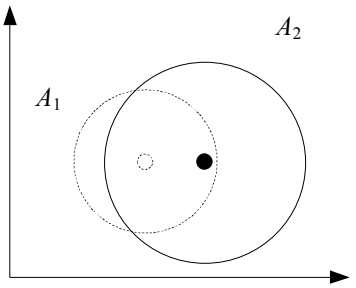


Рис. 1. Кластеры A_1 и A_2 совпадают

Объединенным кластером для пары совпадающих кластеров A_1 и A_2 называется кластер A_3, эталон E_3 и критерий компактности e_3 которого рассчитываются по формулам

$$E_3 = \frac{C_{A_1} E_1 + C_{A_2} E_2}{C_{A_1} + C_{A_2}},$$

где C_{A_1} и C_{A_2} – весовые коэффициенты кластеров A_1 и A_2;

$$\varepsilon_3 = \max(\varepsilon_1 + \rho(E_1, E_3), \varepsilon_2 + \rho(E_1, E_3)).$$

Весовой коэффициент (C) кластера A равен единице ($C_A = 1$), если кластер A был найден в процессе достижения цели или был задан априори. Если кластер A был построен как объединенный для пары совпадающих кластеров A_1 и A_2, то $C_A = C_{A_1} + C_{A_2}$ (рис. 2).

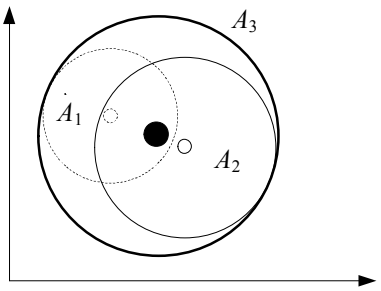


Рис. 2. Объединение совпадающих кластеров

Так как каждой вершине «И» дерева соответствует кластер, то вершины будем назвать *совпадающими*, если совпадают соответствующие им кластеры.

Вершину A_3 будем называть *объединенной вершиной* для совпадающих вершин A_1 и A_2, если она соответствует объединенному кластеру для совпадающих кластеров вершин A_1 и A_2.

Весовым коэффициентом вершины будем называть весовой коэффициент кластера, соответствующего данной вершине.

Для обозначения совпадающих вершин будем использовать знак "≈".

Построение обобщенного «И/ИЛИ» дерева. Введем способ задания «И/ИЛИ» дерева. «И/ИЛИ» дерево G описывается тройкой $G = \{G_V, G_E, G_I\}$, где

1) множество вершин $G_V = \{G_1, G_2, ..., G_n\}$, где G_i – множество вершин i-го уровня дерева G, n – число уровней дерева G;

2) G_E – множество ребер дерева G;

3) G_I – множество двухуровневых «И» подеревьев дерева G.

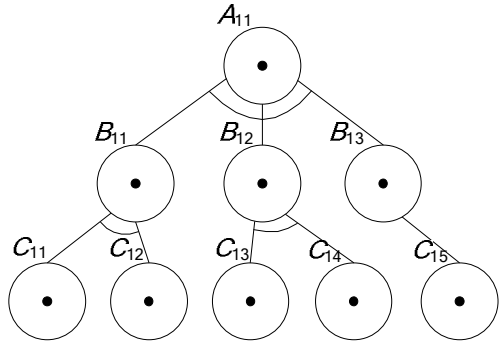


Рис. 3. «И/ИЛИ»-дерево

Дерево, изображенное на рис. 3, описывается следующим образом:

$$G = \{G_V, G_E, G_I\},$$

где: $G_V = \{\{A_{11}\}, \{B_{11}, B_{12}, B_{13}\}, \{C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}\}\}$;

$G_E = \{(A_{11}, B_{11}), (A_{11}, B_{12}), (A_{11}, B_{13}), (B_{11}, C_{11}), (B_{11}, C_{12}), (B_{12}, C_{13}), (B_{12}, C_{14}), (B_{13}, C_{15})\}$;

$G_I = \{\{B_{11}, B_{12}, B_{13}\}, \{C_{11}, C_{12}\}, \{C_{13}, C_{14}\}\}$.

Приведем алгоритм объединения двух «И/ИЛИ» деревьев. Заметим, что «И» дерево является частным случаем «И/ИЛИ» дерева, следовательно, данный алгоритм применим и для объединения «И» дерева с «И/ИЛИ» деревом.

Пусть заданы два дерева $G^1 = (\{G_1^1, G_2^1, ..., G_n^1\}, G_E^1, G_I^1)$ и $G^2 = (\{G_1^2, G_2^2, ..., G_n^2\}, G_E^2, G_I^2)$. Результатом работы алгоритма является «И/ИЛИ» дерево G^3, обобщающее деревья G^1 и G^2: $G^3 = (\{G_1^3, G_2^3, ..., G_n^3\}, G_E^3, G_I^3)$.

Суть алгоритма заключается в последовательном просмотре уровней обоих деревьев и поиске совпадающих вершин на соответствующих уровнях. Если совпадающие вершины найдены, то для каждой пары совпадающих вершин строится объединенная вершина. При этом вхождение совпадающих вершин в множества G_E^1, G_I^1, G_E^2, G_I^2 заменяется на построенную объединенную вершину. Результирующее дерево строится из объединенных вершин для совпадающих вершин исходных деревьев, вершин, для которых не нашлось совпадающих, и всех ребер исходных деревьев с учетом замены совпадающих вершин на объединенные вершины (рис. 4).

Пример. Пусть заданы «И/ИЛИ» дерево G^1 и «И» дерево G^2 (рис. 5), $(A_1 \approx A_2)$ И $(B_{14} \approx B_{21})$ И $(C_{16} \approx C_{21})$ И $(C_{17} \approx C_{22})$.

В результате объединения деревьев получаем обобщенное «И/ИЛИ» дерево G^3 (рис. 6).

Сходимость процесса построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева. На каждом шаге объединения «И/ИЛИ» дерева с «И» деревом, в общем случае, могут изменяться:

1) структура «И/ИЛИ» дерева, а именно:

а) добавляться новые вершины;

б) образовываться новые «ИЛИ» ветви;

2) уже имеющиеся вершины, входящие в состав «И/ИЛИ» дерева.

Пусть G_1 – обобщенное «И/ИЛИ» дерево, полученное посредством неоднократного объединения решающих «И» деревьев для целей данного класса. G_2 – «И» дерево для новой задачи данного класса.

Пусть A_1 – вершина обобщенного «И/ИЛИ» дерева G_1, а A_2 – вершина «И» дерева G_2, совпадающая с A_1. E_1 – эталон кластера, соответствующего вершине A_1. E_2 – эталон кластера, соответствующего вершине A_2. Пусть A_3 – объединенная вершина, которой соответствует объединенный кластер, построенный для кластеров вершин A_1 и A_2, E_3 – эталон данного кластера. *Коэффициентом изменения вершины* A_1 при построении объединенной вершины A_3 для совпадающих вершин A_1 и A_2 будем называть величину

$$D(A_1, A_2) = \rho(E_1, E_3).$$

Пусть $u(G_1, G_2)$ – операция построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева для двух «И/ИЛИ» деревьев G_1 и G_2. Операнды могут быть «И» деревьями, которые являются частным случаем «И/ИЛИ» деревьев.

Пусть $s(G)$ – функция, вычисляющая сумму весовых коэффициентов всех вершин дерева G.

Пусть $q(G)$ – функция, вычисляющая количество вершин дерева G.

Тогда *коэффициентом прироста* дерева G_1 при объединении его с деревом G_2 назовем величину

$$d(G_1, G_2) = \frac{q(u(G_1, G_2)) - q(G_1)}{s(G_1)}.$$

Очевидно, что $d(G_1, G_2) \geq 0$.

Равенство $d(G_1, G_2) = 0$ для «И/ИЛИ» дерева G_1 и «И» дерева G_2 говорит о том, что в результате объединения деревьев G_1 и G_2 в полученном «И/ИЛИ» дереве не появились новые узлы по сравнению с исходным «И/ИЛИ» деревом G_1.

Процесс построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева для данного класса целей называется *сходящимся*, если объединение данного «И/ИЛИ» дерева с решающим «И» деревом для новой задачи того же класса удовлетворяет следующим условиям:

1) коэффициент прироста обобщенного «И/ИЛИ» дерева $d(G_1, G_2)$ не превышает некоторую наперед заданную малую величину;

2) максимальный коэффициент изменения $D(A_i, A_j)$ по всем изменившимся вершинам обобщенного «И/ИЛИ» дерева не превышает некоторую наперед заданную малую величину.

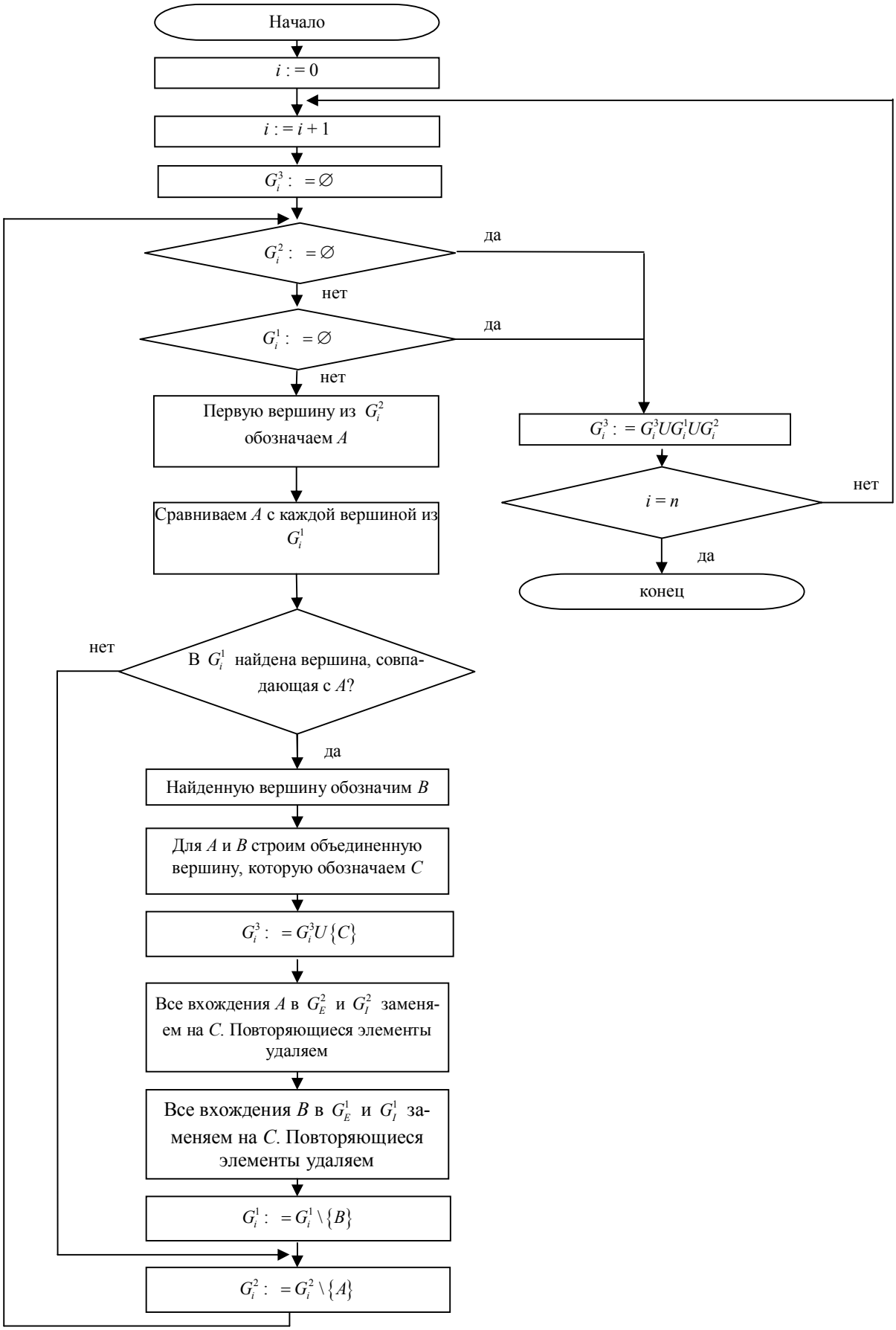


Рис. 4. Схема алгоритма объединения «И/ИЛИ» деревьев

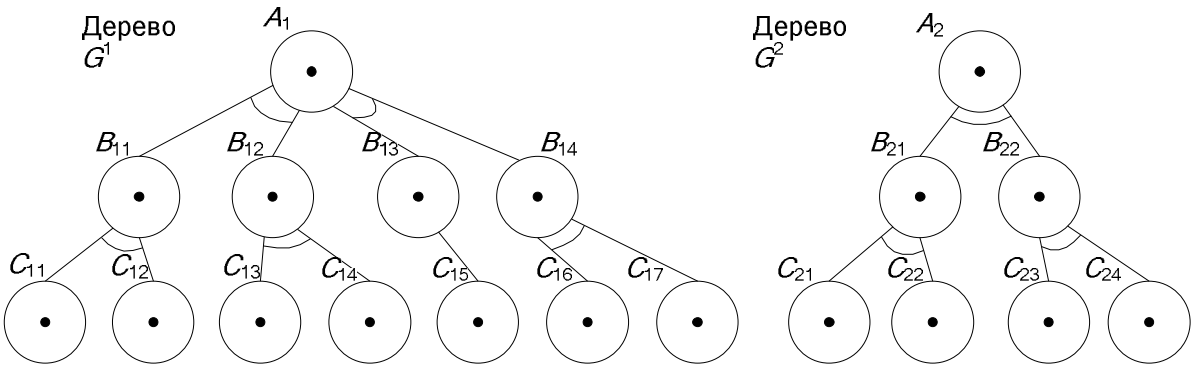


Рис. 5. «И/ИЛИ» дерево G^1 и «И» дерево G^2

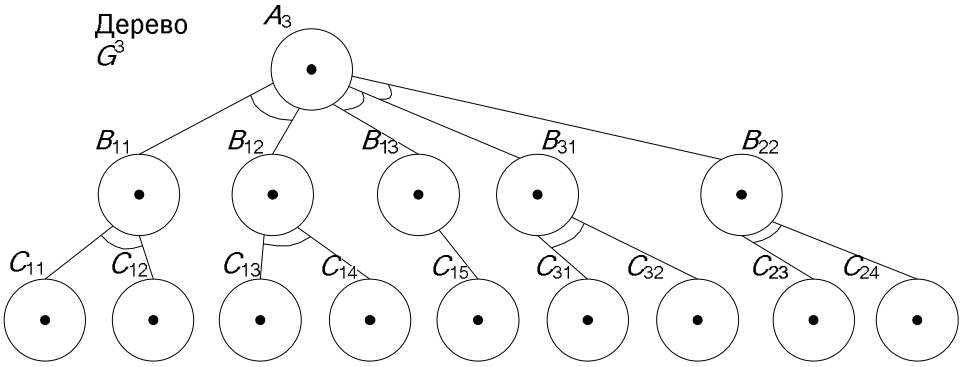


Рис. 6. «И/ИЛИ» дерево G^3

Утверждение. Если для всех «И» деревьев G_i задач заданного класса $\exists M \in N$ такое что, $q(G_i) \le M$, то процесс построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева для данного класса задач сходится.

Доказательство.

1. Пусть G – обобщенное «И/ИЛИ» дерево для задач одного класса. Пусть G_n – решающее «И» дерево для задачи данного класса (n = 1, 2, …). Очевидно, что на первом этапе построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева $G = G_1$. Докажем, что $\lim\limits_{n\to\infty} d(G, G_n) = 0$:

$$\lim_{n\to\infty} d(G, G_n) = \lim_{n\to\infty} \frac{q(u(G, G_n)) - q(G)}{s(G)}.$$

Величина $q(u(G, G_n)) - q(G)$ показывает, сколько новых узлов появилось в обобщенном «И/ИЛИ» дереве G при объединении его с «И» деревом G_n. Так как у деревьев G и G_n совпадают, по крайней мере, корневые вершины, то

$$q(u(G, G_n)) - q(G) \le q(G) + q(G_n) - 1 -$$
$$-q(G) = q(G_n) - 1 \le M - 1.$$

Тогда

$$\lim_{n\to\infty} \frac{q(u(G, G_n)) - q(G)}{s(G)} \le \lim_{n\to\infty} \frac{M-1}{s(G)} \le \lim_{n\to\infty} \frac{M-1}{n-1}.$$

Итак,

$$0 \le \lim_{n\to\infty} d(G, G_n) \le \lim_{n\to\infty} \frac{M-1}{n-1} = 0,$$

следовательно, $\lim\limits_{n\to\infty} d(G, G_n) = 0$.

2. Пусть A_n – кластер, соответствующий вершине обобщенного «И/ИЛИ» дерева G, построенный в результате объединения n совпадающих кластеров. $E_n = (e_n^1, e_n^2, ..., e_n^m)$, e_n – его эталон и критерий компактности. Пусть A – кластер, решающего «И» дерева, совпадающий с A_n, $E = (e^1, e^2, ..., e^m)$ – его эталон, e – критерий компактности. Докажем, что $\lim\limits_{n\to\infty} D(A_n, A) = 0$:

$$\lim_{n\to\infty} D(A_n, A) = \lim_{n\to\infty} \rho(E_n, \frac{C_{A_n} E_n + C_A E}{C_{A_n} + C_A}) =$$

$$= \lim_{n\to\infty} \rho(E_n, \frac{nE_n + E}{n+1}) = \lim_{n\to\infty} \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (e_n^i - \frac{ne_n^i + e^i}{n+1})^2} =$$

$$= \lim_{n\to\infty} \sqrt{\sum_{i=1}^{m} (\frac{ne_n^i + e_n^i - ne_n^i - e^i}{n+1})^2} =$$

$$= \lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{m} (e_n^i - e^i)^2} \le \lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{m} (\min(\varepsilon_n, \varepsilon))^2} =$$

$$= \lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{m}{n+1} (\min(\varepsilon_n, \varepsilon))^2} = 0.$$

Итак,

$$0 \le D(A_n, A) \le \lim_{n\to\infty} \sqrt{\frac{m}{n+1} (\max(\varepsilon_n, \varepsilon))^2} = 0,$$

следовательно, $\lim\limits_{n\to\infty} D(A_n, A) = 0$.

Утверждение доказано.

Таким образом, предложена новая технология построения обобщенного «И/ИЛИ» дерева решения, позволяющая формировать базу знаний и «И/ИЛИ» дерево ЭС пользователем-природоведом без использования компонента «извлечение знаний».

В рамках предложенного метода даны понятия совпадающих кластеров целей, совпадающих вершин дерева. Разработан новый алгоритм построения обоб-

щенного «И/ИЛИ» дерева, основанный на объединении «И» деревьев через совпадающие вершины.

Дано определение сходимости процесса формирования обобщенного «И/ИЛИ» дерева. Доказано, что такой процесс сходится.

Библиографический список

1. Рассел, С. Искусственный интеллект: Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. 2-е изд. М. : Вильямс, 2007. 1424 с.

A. A. Vovk, G. M. Tsybulski, A. A. Latyntsev

TECHNOLOGY OF FORMING «AND/OR» SOLVING TREE FOR PROBLEMS OF THE IMAGES ANALYSIS

It is offered a new technology of forming «AND/OR» tree, allowing user-naturalist to form the knowledge base and «AND/OR» tree of expert system without using component «extraction of knowledge». The new algorithm of forming «AND/OR» tree, based on uniting solving «AND» trees for class of problems, is developed. Convergence of such process is proved.

УДК 681.332.53/519.676

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

ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕКОГЕРЕНТНОМ ПРИЕМЕ

Рассмотрена инвариантная система обработки информации, основанная на линейном детекторе. Проведена количественная оценка помехоустойчивости такой системы с последующим сравнением ее с помехоустойчивостью обычной бинарной системы при некогерентном приеме.

Авторами синтезирована инвариантная система передачи информации при некогерентном приеме; рассчитана вероятность попарного перехода одного инварианта в другой; получено аналитическое выражение плотности вероятности оценки инварианта. Разработанная структура передачи информации может найти широкое применение в системах обработки информации.

Задача. Имеется канал связи, ограниченный частотами $f_н$ и $f_в$. Состояние канала связи определяется интервалом стационарности, внутри которого действие мультипликативной помехи описывается постоянством коэффициента передачи $k(t)$ на определенной частоте.

Алгоритм приема определяется несущей частотой, задаваемой как средняя частота канала, амплитуда которой промодулирована прямоугольными импульсами.

Решение. Каждый передаваемый блок будет содержать информационную часть и последовательность обучающих сигналов $S_{ОБ}$.

На приемной стороне обучающие сигналы усредняются и используются для демодуляции информационной части блока.

При этом из-за изменения параметров канала связи информационные и обучающие сигналы зашумлены аддитивной помехой.

Для уменьшения влияния аддитивных шумов канала связи используется операция усреднения обучающих сигналов в каждом блоке [1].

Проведем анализ помехоустойчивости инвариантной системы, изображенной на рис. 1, где использованы два канала обработки.

В первом канале, состоящем из синхронного детектора (СД) и первого решающего устройства (РУ1), производится оценка коэффициента передачи канала и дисперсии нормального шума, которые в дальнейшем используются для расчета порогов при демодуляции инвариантов.

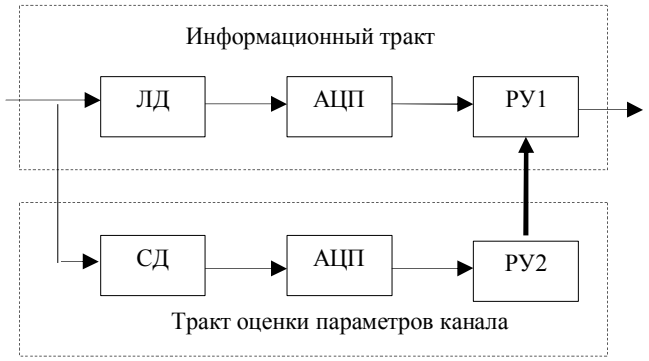


Рис. 1. Укрупненная структурная схема инвариантной системы:
ЛД – линейный детектор; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; РУ1 – решающее устройство первое; СД – синхронный детектор; РУ2 – решающее устройство второе

Во втором канале использована некогерентная система с линейным детектором (ЛД) и вторым решающим устройством (РУ2). В этом канале собственно и демодулируются сигналы приема.

Оценим количественные показатели предлагаемого метода.

Работа информационного тракта. Принцип работы информационного тракта состоит в выделении огибающей сигналов приема совместно с нормальным

шумом с помощью ЛД. Результат преобразования в АПЦ в дальнейшем записывается в РУ1.

В РУ1 производится вынесение решения в пользу того или иного инварианта.

Как известно [2], при использовании ЛД появляется смещение математического ожидания. Математическое ожидание вычисляется по следующей формуле [2]:

$$m_p = \sigma\sqrt{\frac{\pi}{2}}\left\{ I_o\left(\frac{\alpha^2}{4\sigma^2}\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{\alpha^2}{2\sigma^2}\left[I_o\left(\frac{\alpha^2}{4\sigma^2}\right) + I_1\left(\frac{\alpha^2}{4\sigma^2}\right)\right]\right\} e^{-\frac{\alpha^2}{4\sigma^2}}, \qquad (1)$$

где m_p – величина математического ожидания; σ^2 – дисперсия компонент нормального шума; I_0 и I_1 – модифицированные функции Бесселя нулевого и первого порядков; $\alpha = k \cdot \mathrm{INV}_l$, где k – коэффициент передачи канала; INV_l – l-ый передаваемый инвариант.

Величина дисперсии на выходе ЛД вычисляется по следующей формуле [2]:

$$\sigma_p^2 = m_2 - m_p^2 = 2\sigma^2 + \alpha^2 - m_p^2. \qquad (2)$$

Для принятия решения в пользу того или иного инварианта необходимо знать значения порогов для каждой пары инвариантов.

В свою очередь, для оценки порогов необходимо вычислять m_p и σ_p^2.

Это можно сделать с помощью тракта оценивания параметров канала (рис. 1), где производится расчет величин k и σ^2.

Совместная работа информационного тракта и тракта оценки параметров канала состоит в приеме и записи в РУ1 и РУ2 значений амплитудно-модулированных информационных и обучающих сигналов некогерентным приемником и вычислении на их основе оценки инварианта.

На основе последней и вычисленных порогов принимается решение в пользу того или иного инварианта.

Произведем расчет вероятности ошибочного приема при многоуровневой инвариантной амплитудно-модулированной передаче сигналов. Для этого воспользуемся известным подходом [3]:

$$P_{\text{пер}} = P_1 \int_0^{Z_p} W_2(z)dz + P_2 \int_{Z_p}^{\infty} W_1(z)dz, \qquad (3)$$

где $P_{\text{пер}}$ – вероятность перехода первого инварианта во второй и наоборот; P_1 – вероятность появления первого инварианта; P_2 – вероятность появления второго инварианта; первый интеграл – вероятность появления второго инварианта, когда послан первый; второй интеграл – вероятность появления первого инварианта, когда послан второй инвариант; Z_p – пороговое значение, необходимое дл вычисления $P_{\text{пер}}$ при известных P_1 и P_2.

Величина Z_p определяется с помощью наилучшей байесовской оценки путем минимизации $P_{\text{пер}}$ по Z_p. При неизвестных P_1 и P_2 выбираем $P_1 = P_2 = 0{,}5$.

Как видно из выражения (3), необходимо знать аналитическое выражение $W_1(z)$ и $W_2(z)$.

Для когерентного приема расчет величин $W_1(z)$ и $W_2(z)$ известен [1]. Такой же подход можно использовать и при некогерентном приеме.

Итак, величина оценки инварианта в такой системе рассчитывается как:

$$\mathrm{INV}_l^* = \frac{\sum_{i=1}^{N}(k \cdot \mathrm{INV}_l + \xi(i))}{\frac{1}{L}\sum_{m=1}^{L}\sum_{j=1}^{N}(k \cdot S_{\text{ОБ}} + \eta(m,j))} S_{\text{ОБ}},$$

где в числителе: INV_l – l-ый передаваемый инвариант; $\xi(i)$ – i-е значение релеевской помехи; k – коэффициент передачи канала связи; в знаменателе: $S_{\text{ОБ}}$ – значение обучающего сигнала; $\eta(m,j)$ – j-е значение релеевской помехи в m-ой реализации сигнала $S_{\text{ОБ}}$; N – число отсчетов, взятых по огибающей INV_l или $S_{\text{ОБ}}$; L – число обучающих сигналов.

Без ограничения общности примем $S_{\text{ОБ}} = 1$, так как $S_{\text{ОБ}} > 0$, и можно разделить значения инвариантов INV_l и среднеквадратического отклонения на $S_{\text{ОБ}}$.

При $S_{\text{ОБ}} = 1$ получаем следующее аналитическое выражение:

$$\mathrm{INV}_l^* = \frac{\sum_{i=1}^{N}(k \cdot \mathrm{INV}_l + \xi(i))}{\frac{1}{L}\sum_{m=1}^{L}\sum_{j=1}^{N}(k + \eta(m,j))}. \qquad (4)$$

Для расчета $P_{\text{пер}}$ необходимо знать математические ожидания и дисперсии числителя и знаменателя выражения (4).

Для их расчета воспользуемся следующим подходом.

Математическое ожидание числителя (4) составит

$$m_{\text{числ}} = m_p \cdot N. \qquad (5)$$

Дисперсия числителя (4) будет равна

$$D_{\text{числ}} = N \cdot \sigma_p^2, \qquad (6)$$

где m_p и σ_p^2 вычисляются в соответствии с выражениями (1) и (2). Математическое ожидание знаменателя выражения (4) после преобразований

$$m_{\text{знам}} = m_{p2} \cdot N, \qquad (7)$$

где m_{p2} вычисляется в соответствии с формулой (1) при $\alpha = k$, так как вместо INV_l используется $S_{\text{ОБ}} = 1$.

Дисперсия знаменателя (4) определится по формуле

$$D_{\text{знам}} = \frac{N\,\sigma_{p2}^2}{L}, \qquad (8)$$

где σ_{p2}^2 вычисляется в соответствии с формулой (2) при $\alpha = k$, где вместо m_p подставляется m_{p2}.

Тогда выражение плотности вероятности оценки инварианта будет равно [4]

$$W(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2} e^{-\frac{(zx-m_1)^2}{2\sigma_1^2}} e^{-\frac{(x-m_2)^2}{2\sigma_2^2}} |x|\,dx, \qquad (9)$$

где $\sigma_1 = \sqrt{D_{\text{числ}}}$; $\sigma_2 = \sqrt{D_{\text{знам}}}$; $m_1 = m_{\text{числ}}$; $m_2 = m_{\text{знам}}$.

Расчет $P_{\text{пер}}$ проводится численно аппроксимацией формулы (9).

В системах с АМ и некогерентным приемом аналогом вероятности попарного перехода является вероятность ошибки $P_{\text{ош}}$, которая рассчитывается по известным формулам [3].

Вероятность попарного перехода и вероятность ошибки вычисляются для одинаковых значений h – отношения сигнал/шум, которое вычисляется по формуле

$$h = \frac{m_p}{\sigma_p}.$$

Пороговые значения Z_p рассчитывалась путем минимизации $P_{\text{пер}}$ в формуле (3). Для k = 1 и INV_1 = 1, INV_2 = 2, 3, 4, 5, 6 вычисления дают результат Z_p = 1,23; 1,49; 1,77; 2,07; 2,36.

Для k = 0,7 и INV_1 =1, INV_2 = 2, 3, 4, 5, 6 вычисления дают результат Z_p = 1,14; 1,30; 1,50; 1,68; 1,92.

По результатам моделирования (рис. 2, 3) видно, что особенностью любой инвариантной системы, основной на принципе инвариантной относительной амплитудной модуляции является то, что по каналу передаются амплитудно-модулированные сигналы, образованные INV_l и $S_{\text{ОБ}}$.

Передача этих сигналов обеспечивает на основе классических алгоритмов обработки информации, как правило, невысокую помехоустойчивость [3].

И только после обработки этих сигналов в соответствии с алгоритмом частного по выражению (4) получаем оценку инварианта, по сути являющуюся числом, а не сигналом.

Вероятность попарного перехода одного инварианта в другой при больших отношениях сигнал/шум определяется величинами $10^{-30}…10^{-40}$ (рис. 2, 3). При пересчете указанных выше величин вероятность ошибочного приема единичного символа в классических системах лежит в пределах $10^{-6}…10^{-10}$.

По мнению авторов, помехоустойчивость исследуемой инвариантной системы необходимо сравнивать с помехоустойчивостью аналогичных инвариантных систем, что будет сделано в последующих работах.

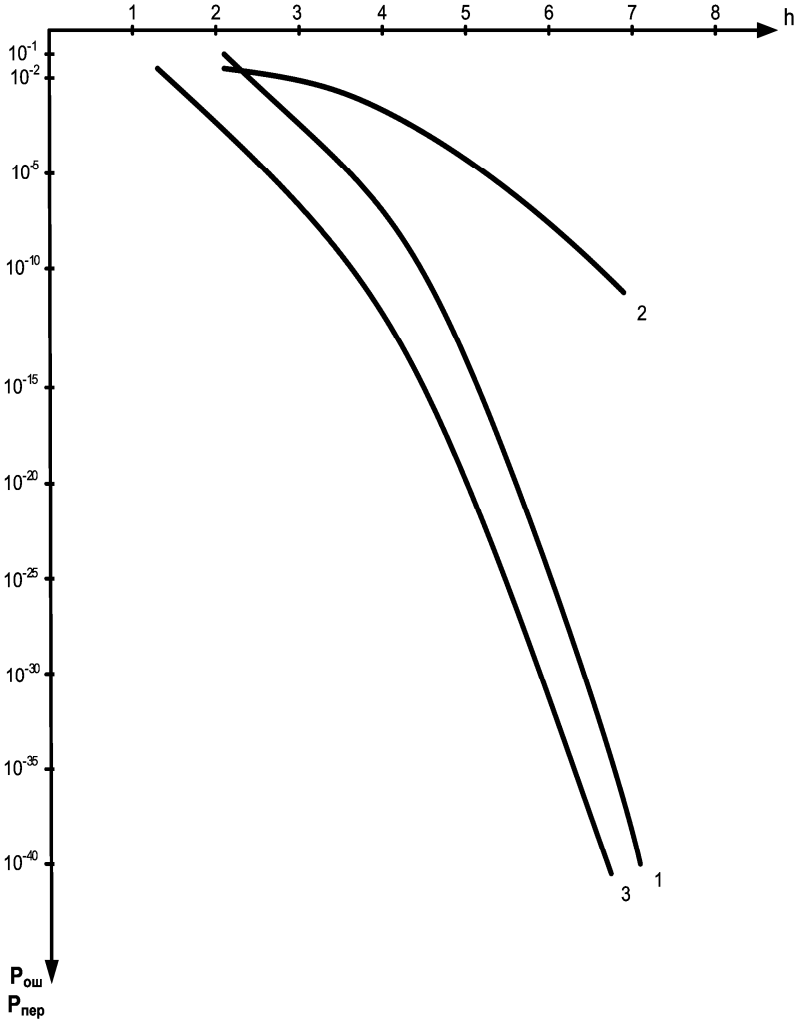


Рис. 2. Графики вероятностей:
1 – попарного перехода одного инварианта в другой (при следующих заданных условиях: k = 1; INV_1 = 1; INV_2 = 2, 3,… 6 и некогерентном приеме); *2* – ошибки при классической амплитудной модуляции и некогерентном приеме; *3* – попарного перехода одного инварианта в другой (при следующих заданных условиях: k = 1; INV_1 = 1; INV_2 = 2, 3,… 11 и когерентном приеме)

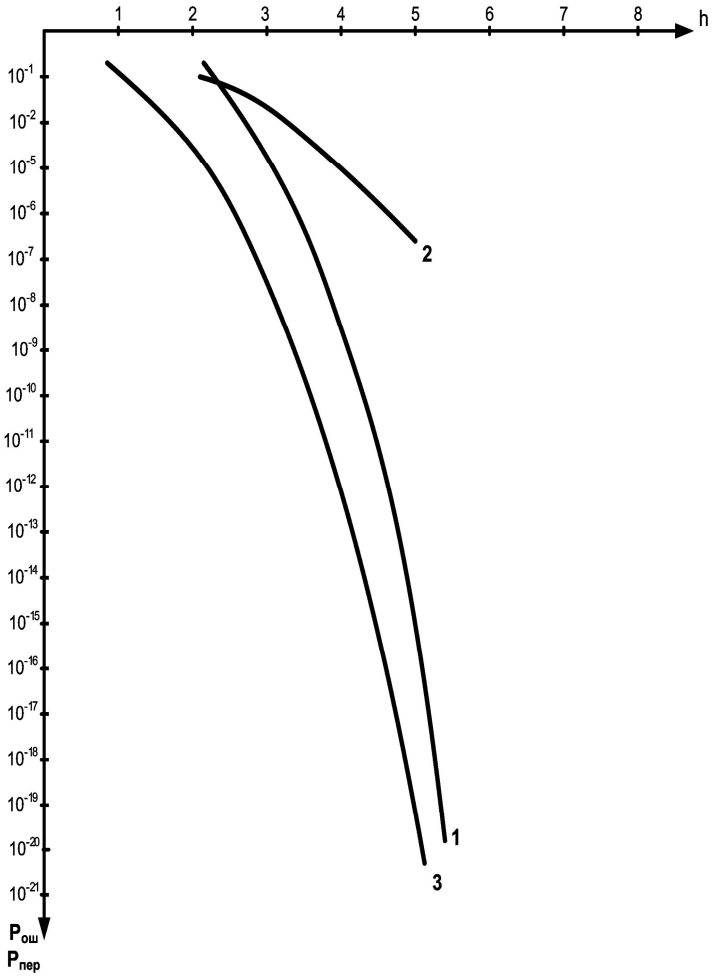


Рис. 3. Графики вероятностей:
1 – попарного перехода одного инварианта в другой (при следующих заданных условиях: $k = 0,7$; $INV_1 = 1$; $INV_2 = 2, 3,\ldots 6$ и некогерентном приеме);
2 – ошибки при классической амплитудной модуляции и некогерентном приеме;
3 – попарного перехода одного инварианта в другой (при следующих заданных условиях: $k = 0,7$; $INV_1 = 1$; $INV_2 = 2, 3,\ldots 11$ и когерентном приеме)

Таким образом, предложена инвариантная некогерентная система передачи информации и определены ее качественные характеристики.

Разработанный метод может найти применение в системах обработки информации.

Библиографический список

1. Малинкин, В. Б. Инвариантный метод анализа телекоммуникационных систем передачи информации : моногр. / В. Б. Малинкин [и др.]. Красноярск, 2006.

2. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. М. : Советское радио, 1971.

3. Теплов, Н. Л. Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации / Н. Л. Теплов. М. : Связь, 1964.

4. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. 3-е изд. М. : Радио и связь, 1989. 656 с.

E. I. Algazin, A. P. Kovalevsky, V. B. Malinkin

ESTIMATION OF NOISE IMMUNITY OF THE INVARIANT SYSTEM OF INFORMATION PROCESSING BY NON-COHERENT RECEPTION

The invariant system of information processing based on the linear detector is considered. The quantitative estimation of noise immunity of such kind of system is carried out with its further comparison with the noise immunity of the ordinary binary system by non-coherent reception.

УДК 519.6

А. А. Кузнецов, Ю. С. Тарасов

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ГРУПП[1]

Предложена модификация алгоритма, моделирующего периодические группы, позволившая увеличить скорость работы алгоритма на 18 %.

Ранее был предложен алгоритм [1], позволяющий моделировать периодические группы [2] посредством специального объекта – системы, изменяя параметры которой, можно управлять структурой получаемой группы. Одним из ключевых звеньев указанной системы является алгоритм *n*-апериодичности, который преобразует слова, содержащие *n*-периодичности, в *n*-апериодические слова.

Дадим несколько определений. Под алфавитом будем понимать конечный упорядоченный набор символов. Слово – это конечная последовательность символов из алфавита. Пусть $B = \{в_1, в_2, \ldots, в_k\}$ – алфавит и $w = v_1v_2 \ldots, v_l$ – слово в этом алфавите, $v_i \in B$ ($i = 1, 2, \ldots, l$). Натуральное число l будем называть длиной слова v. Функция $L(v)$ определена на множестве всех слов и равна длине слова v, т. е. $L(v) = l$ для слова v, указанного выше. Говорят, что слово x входит в слово w, если можно указать такие слова p и q, что $w = pxq$. Если при этом слово p (слово q) пусто, то говорят, что x есть начало (конец) слова w. Слово вида $w = \underbrace{xx\ldots x}_{n \text{ раз}}$ – будем называть *n*-периодическим. Слово w будем называть *n*-апериодическим, если в него не входит никакое непустое слово вида x^n, т. е. $w \neq \underbrace{pxx\ldots x}_{n \text{ раз}} q$.

Базовый алгоритм *n*-апериодичности, который преобразует любое слово w в *n*-апериодическое, сокращая всевозможные слова вида x^n в w, представлен ниже.

1. Задаем исходное слово w.
2. Вычисляем длину слова w: $L(w) = l$.

2.1. Если $l < n$, то слово w заведомо является *n*-апериодическим. Алгоритм завершен.

2.2. Если $l \geq n$, тогда задаем n последовательно идущих в w слов $x_1x_2\ldots x_k\ldots x_n$ одинаковой длины, т. е. $w = px_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq$, $L(x_1) = L(x_2) = \ldots = L(x_n)$. Длину и месторасположение слов x_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) в слове w зададим посредством двух параметров i и j, где $j = 1, 2, \ldots, [l/n]$ ($[l/n]$ – целая часть от отношения l/n) – параметр, задающий длину слов x_k; $i = 1, 2, \ldots, (l - jn + 1)$ – параметр, задающий месторасположение слов x_k в слове w. Таким образом, $x_k = w_{i + j(k-1)}\ldots w_{i + jk-1}$.

3. Задаем начальное значение длин слов x_k: $j = 1$.
4. Задаем начальное месторасположение слов x_k: $i = 1$ (при $i = 1$ последовательность слов x_k начинается сначала слова w, т. е $w = x_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq$).
5. Сравниваем слова:

$$x_1 = x_2 = \ldots x_n . \qquad (1)$$

5.1. Если выражение (1) выполнятся, то слово w сокращается, т. е. $w = px_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq \rightarrow w = pq$. Возвращаемся к п. 2.

5.2. Если выражение (1) не выполняется, делаем проверку неравенства:

$$i < (l - jn + 1) . \qquad (2)$$

5.2.1. Если выражение (2) выполняется, то увеличиваем значение параметра i на единицу $i = i + 1$, смещая тем самым слова x_k на один индекс вправо в w. Затем возвращаемся к п. 5.

5.2.2. Если выражение (2) не выполняется, проверяем истинность неравенства

$$j < [l / n] . \qquad (3)$$

5.2.2.1. Если неравенство (3) выполнятся, то $j = j + 1$. Возвращаемся к п. 4.

5.2.2.2. Если неравенство (3) не выполняется, w – *n*-апериодическое слово. Алгоритм завершен.

Разработанный алгоритм *n*-апериодичности отличается от базового тем, что поиск *n*-периодических подслов осуществляется от их максимально возможной длины до 1. Описание данного алгоритма представлено ниже.

1. Задаем исходное слово w.
2. Вычисляем длину слова w: $L(w) = l$.

2.1. Если $l < n$, то слово w заведомо является *n*-апериодическим. Алгоритм завершен.

2.2. Если $l \geq n$, тогда задаем n последовательно идущих в w слов $x_1x_2\ldots x_k\ldots x_n$ одинаковой длины, т. е. $w = px_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq$, $L(x_1) = L(x_2) = \ldots = L(x_n)$. Длину и месторасположение слов x_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) в слове w зададим посредством двух параметров i и j, где $j = 1, 2, \ldots, [l/n]$ ($[l/n]$ – целая часть от отношения l/n) – параметр, задающий длину слов x_k; $i = 1, 2, \ldots, (l - jn + 1)$ – параметр, задающий месторасположение слов x_k в слове w. Таким образом, $x_k = w_{i + j(k-1)}\ldots w_{i + jk-1}$.

3. Задаем начальное значение длин слов x_k: $j = [l/n]$.
4. Задаем начальное месторасположение слов x_k: $i = 1$ (при $i = 1$ последовательность слов x_k начинается с начала слова w, т. е $w = x_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq$).
5. Сравниваем слова:

$$x_1 = x_2 = \ldots x_n . \qquad (4)$$

5.1. Если выражение (4) выполнятся, то слово w сокращается, т. е. $w = px_1x_2\ldots x_k\ldots x_nq \rightarrow w = pq$. Возвращаемся к п. 2.

5.2. Если выражение (4) не выполняется, делаем проверку неравенства

$$i < (l - jn + 1) . \qquad (5)$$

5.2.1. Если неравенство (5) выполняется, то увеличиваем значение параметра i на единицу $i = i + 1$, смещая тем самым слова x_k на один индекс вправо в w. Затем возвращаемся к п. 5.

5.2.2. Если неравенство (5) не выполняется, проверяем истинность неравенства

$$j > 1 . \qquad (6)$$

[1] Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для поддержки молодых ученых (МК-2494.2008.1).

5.2.2.1. Если неравенство (6) выполнятся, то $j = j - 1$. Возвращаемся к п. 4.

5.2.2.2. Если неравенство (6) не выполняется, w – n-апериодическое слово. Алгоритм завершен.

Данная модификация алгоритма n-апериодичности позволила сократить время расчета элементов и соотношений в бернсайдовых ($B(2, 3)$, $B(2, 4)$, $B(3, 3)$) [3] и других периодических группах на 18 %.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. А. К вопросу о построении апериодических последовательностей / А. А. Кузнецов, А. К. Шлепкин // Вестник КрасГУ: физ.-мат. науки. 2004. № 3. С. 90–94.

2. Курош, А. Г. Теория групп / А. Г. Курош. СПб. : Изд-во «Лань», 2005.

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

A. A. Kuznetsov, Y. S. Tarasov

PERIODIC GROUPS MODELLING MODIFIED ALGORITHM

A modification of the algorithm which modeling the periodic groups is suggested. The algorithm permits to increase speed of the algorithm work on 18 %.

УДК 621.39:621.311.6.0012

Л. Г. Рогулина, Д. Н. Левин, В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов, А. М. Сажнев

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Для увеличения мощности используют параллельное включение устройств, при этом возникает проблема распределения тока между ними. Разброс параметров блоков приводит к возрастанию кондуктивных помех, что ухудшает электромагнитную совместимость устройств и снижает надежность системы. Разработанный алгоритм управления параллельными устройствами позволит складывать выходные мощности с меньшими значениями индуктивности помехоподавляющих фильтров благодаря эффекту гашения колебания напряжения на входном и выходном емкостных фильтрах.

В настоящее время при увеличении мощности используют параллельное включение преобразовательных устройств с широтно-импульсным способом регулирования напряжения. При этом возникает проблема распределения тока между параллельными блоками, а также влияние дисбаланса индуктивностей выходных фильтров на величину кондуктивной помехи. Актуальность проблемы обусловлена тем, что конфликты в работе токопроводящих элементов, приборов, оборудования и сетей все чаще возникают в результате взаимодействия электромагнитных процессов, протекающих в самом оборудовании. Стандарты, определяющие требования по электромагнитной совместимости, предусматривают три вида воздействий: радиочастотные излучения; электростатику; скачки напряжения, появляющиеся в результате индустриальных помех и природных наводок (грозовые разряды). В настоящее время источники бесперебойного питания не включены в Номенклатурный перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации на территории Российской Федерации по электромагнитной совместимости. При этом источником индустриальных помех могут быть именно источники бесперебойного питания [1; 2].

Современные структуры источников бесперебойного электропитания в цепи переменного тока стоятся по схеме on-line и обеспечивают практически полную защиту оборудования от кондуктивных помех [3]. Однако в некоторых случаях добиться качественного функционирования оборудования только применением схем on-line не удается. Это связано с явлениями «блуждающих токов», вызываемых протеканием обратных токов нагрузки по элементам конструкции здания в электрических сетях общего назначения, построенных по четырехпроводной схеме типа TN-C (нулевой рабочий и нулевой защитный проводники объединены по всей сети). Сам источник бесперебойного питания является генератором высших гармоник, и приходится прибегать к специальным мерам по ограничению помех от источника для совместимости с другим электрооборудованием.

Для решения проблемы достижения нормируемой величины кондуктивной помехи и распределения токов параллельно работающих блоков разработана математическая модель при дисбалансе индуктивностей и получены результаты расчета в среде Simulink. Параллельное включение преобразовательных устройств используется для увеличения выходной мощности в цепи постоянного тока, либо в качестве вольт-добавки к напряжению аккумуляторной батареи в аварийном режиме системы электропитания.

Различие величин фильтрующих индуктивностей одиночных блоков при их параллельной работе приводит к появлению в спектре помех разностных частот, что снижает устойчивость. Синхронизация и фазовый сдвиг в управлении одиночными блоками позволит не только снизить уровень помех, но и умень-

шить габаритные размеры помехоподавляющих фильтров.

Алгоритм управления параллельными устройствами. Средняя величина выходного тока *n*-го блока, работающего при непрерывном токе дросселя, характеризуется системой *n*-го порядка (рис. 1):

$$\frac{L_0}{n}\frac{di_k}{dt} = \left[\Delta L_k^{'} + (1+\Delta L_k)\delta\right]U_{0\text{ВХ}} - \\ -\left[1+\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{n}\Delta L_m\right]U_{0\text{Н}},\ k=1,...n, \quad (1)$$

где i_k – средняя величина выходного тока в *k*-й момент; д – период (рабочий цикл); $U_{0\text{ВХ}}$ – входное напряжение; $U_{0\text{Н}}$ – выходное напряжение; ΔL_k – разностное отклонение индуктивности *k*-го модуля от номинальной индуктивности L_0, $\Delta L_k^{'}$ – отклонение индуктивности *k*-го модуля по отношению к другим модулям, работающим параллельно.

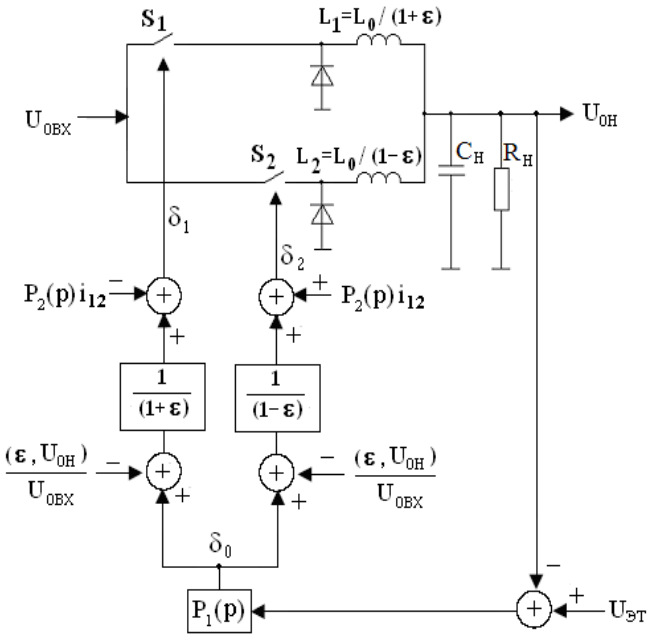


Рис. 1. Модель параллельно работающих блоков

Независимые конверторные модули (*K*) описываются выражениями

$$L_1\frac{di_1}{dt} = U_{0\text{ВХ}}\delta_1 - U_{0\text{Н}},$$

$$L_2\frac{di_{12}}{dt} = U_{0\text{ВХ}}\delta_2 - U_{0\text{Н}}, \quad (2)$$

где $д_1$ и $д_2$ – рабочие циклы одиночных *K*, фильтрующие индуктивности определяются по выражениям

$$L_1 = \frac{L_0}{1+\varepsilon},\ L_2 = \frac{L_0}{1-\varepsilon}, \quad (3)$$

где е – единица измерения дисбаланса.

Из уравнений (2) и (3) следует, что достичь равных изменений токов двух ИВЭП за период работы можно при следующих соотношениях:

$$\delta_1 = \frac{\delta_0}{1+\varepsilon} + \frac{U_{0\text{Н}}}{U_{0\text{ВХ}}}\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon}, \quad (4)$$

$$\delta_2 = \frac{\delta_0}{1-\varepsilon} + \frac{U_{0\text{Н}}}{U_{0\text{ВХ}}}\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}. \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) дают возможность составить схему управления *K* для компенсации дисбаланса индуктивностей.

Проверка основных выводов выполнена на модели параллельно работающих блоков в среде Simulink, где силовая цепь соответствует схеме (рис. 1). Фильтрующие индуктивности определяются из соотношения (3) с учетом разброса параметров.

Динамика разностного тока между двумя конверторами прямо пропорциональна уровню индукторного дисбаланса (ε) и зависит от управляющего воздействия, выходного напряжения и токов отдельных конверторов. Для компенсации дисбаланса длительность импульсов управления ключами корректируется на каждом шаге на величину пропорциональную $\frac{1}{1\pm\varepsilon}$. Вычисление этого значения проводится в блоках задания функции Fcn1 и Fcn2, где выражение $\frac{1}{1\pm\varepsilon}$ задается в стиле языка программирования С. Структурная схема системы управления представлена на рис. 2.

У подсистемы имеется один входной порт In1 для подачи выходного напряжения К через измеритель напряжения Voltage. В подсистеме имеется два выходных порта Out1 и Out2, с которых снимаются сигналы управления, поступающие на транзисторные ключи Kluch1 и Kluch2. В широтно импульсном модуляторе (ШИМ) осуществляется сравнение выходного напряжения с опорным напряжением 48 В в блоке сумматора и усиление сигнал рассогласования в блоке Gain, далее ШИМ-сигнал корректируется с учетом требуемого приращения. Ограничение изменения угла модуляции задается блоком Saturation. Формирование ШИМ-сигнала для управления транзисторными ключами осуществляется по выражениям (4), (5) путем сравнения в блоках Relational Operator 1 и Relational Operator 2 соответственно пилообразного напряжения от источника Repeating Sequence, измененного на коэффициенты Fcn1 и Fcn2 соответственно, и напряжения обратной связи.

Дисбаланс индуктивностей приводит к расхождению кривых тока переходного процесса (рис. 3) и увеличению времени установления напряжения при значении е = 0,4, что подтверждает теорию. При равномерном распределении токов процесс затухания протекает значительно быстрее, что повышает и устойчивость к помехам.

Разработанный алгоритм управления одиночными блоками приводит к снижению дифференциальной составляющей кондуктивной помехи, что позволяет складывать выходные мощности с меньшим значением индуктивности помехоподавляющих фильтров благодаря эффекту гашения колебания напряжения на входном и выходном емкостных фильтрах.

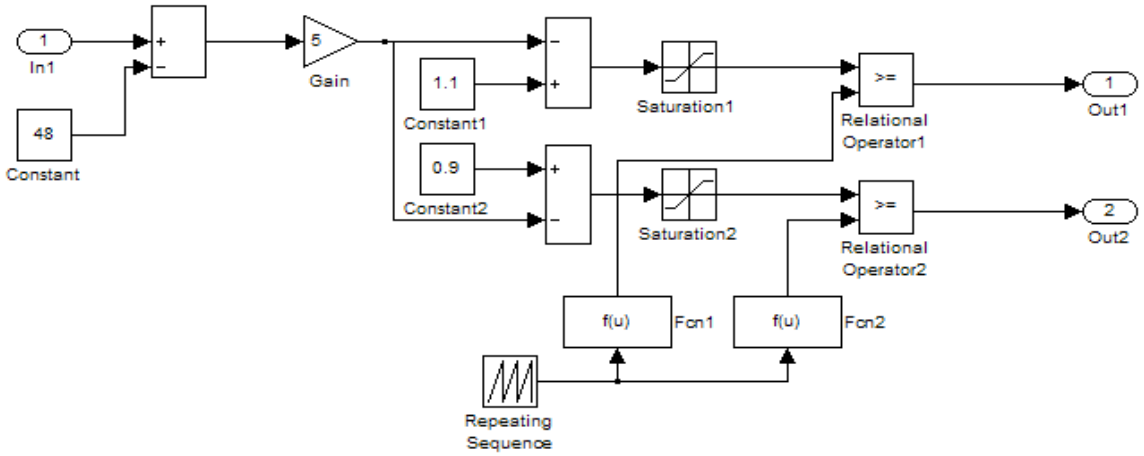


Рис. 2. Структурная схема системы управления

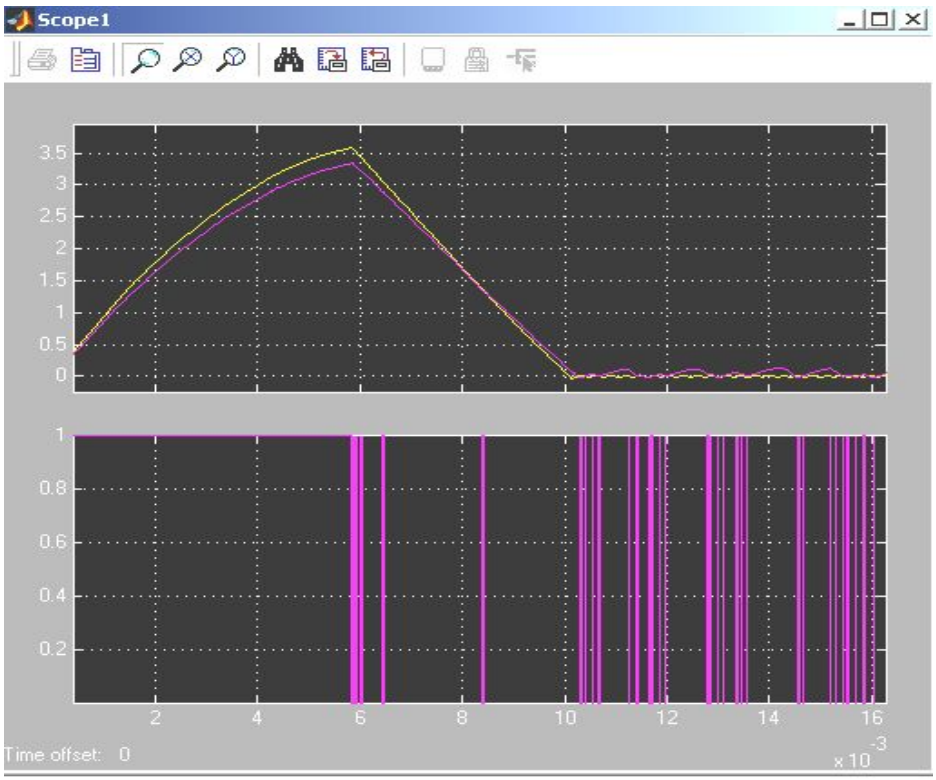


Рис. 3. Временные зависимости токов на выходе

Библиографический список

1. ГОСТ 26416–85 Агрегаты бесперебойного питания на напряжение до 1 кВ. Общие технические условия. М. : Изд-во стандартов, 1985.

2. ГОСТ Р 51317.6.3–99 (СИСПР/МЭК 61000-6-6-96) Совместимость технических средств электромагнитная. Помехоэмиссия от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих и производственных зонах с малым энергопотреблением. Нормы и методы испытаний. М. : Изд-во стандартов, 1999.

3. Воробьев, А. Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем / А. Ю. Воробьев. М. : Эко-Трендз, 2003. 280 с.

L. G. Rogulina, D. N. Levin, V. B. Malinkin, S. S. Abramov, A. M. Sazhnev

ALGORITHM OF PARALLEL DEVICE MANAGEMENT

Parallel cut-in of devices is used for power increasing, herewith the problem of the current sharing between them appears. Difference of block parameters leads to conductor hindrances growth that worsens electromagnetic compatibility of the devices and reduces the system reliability. Developed algorithm of parallel devices controlling allows adding output power and smaller quantity of inductance of hindrance-suppressing filters due to effect of voltage fluctuation extinguishing at entrance and exit capacitive filters.

УДК 669.046.52:543

А. В. Толстоногов, С. П. Ереско

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРОВ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НАНОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время отсутствуют экспресс-методы контроля размеров нанодисперсных частиц различных материалов, необходимых в технологических процессах. Прямые методы измерений, например с помощью электронной микроскопии, не технологичны и затратны в производстве, а также длительны. В связи с этим был опробован косвенный метод, основанный на измерении параметров светового потока, проходящего сквозь взвесь навески нанофазного материала в жидкости.

Исследования о применении ультрадисперсного алмаза (УДА) для суперфинишной обработки поверхности [1] показали его преимущества по сравнению с другими абразивами, и в то же время обнаружили проблему: трибомеханический процесс полирования работает нормально только при достаточно малых размерах зерен УДА. Из-за большого отношения площади поверхности к объему зерна УДА склонны к грануляции, образованию конгломератов, т. е. в итоге к увеличению размеров частиц до десятых долей микрометра и более. При этом активационный трибомеханический процесс удаления обрабатываемого материала сменяется абразивным, что приводит к появлению нарушенного слоя, отдельных глубоких повреждений (царапин, лысин). Таким образом, успех в разработке стабильных суспензий на основе УДА и технологии их применения может быть обеспечен возможностью оперативного контроля размеров зерен в суспензии или, по крайней мере, определения наличия указанных крупных гранулянтов.

Рабочие взвеси представляют собой дисперсную систему с весовой концентрацией УДА 0,1–0,5 %. Дисперсионной средой выступает жидкость (дистиллированная вода или органика с незначительными добавками поверхностно-активных веществ и соединений, регулирующих pH среды) [1]. Таким образом, объект контроля размеров является слабоконцентрированным золем с существенным различием оптических свойств частиц и дисперсионной среды и, в первую очередь, показателя преломления.

Подобного рода задачи в ряде случаев успешно решаются оптическими методами, основанными на светорассеянии. Преимущества их определяются следующим [2; 3]: по сравнению, например, с седиментационным анализом, процесс измерения светорассеяния может быть ускорен, а его обработка автоматизирована. Это позволяет избежать изменения дисперсного состава частиц в процессе измерений, а также наблюдать такие изменения в процессе целенаправленных воздействий. При поточном производстве суспензий оптическая аппаратура может быть включена непосредственно в поток, т. е. метод не требует отбора проб. Не требуется также, как при методе сепарации или ситовом анализе, высушивания порошка, что, в свою очередь, может повлечь изменение дисперсного состава.

В силу указанных достоинств анализ взвесей методами светорассеяния применяется в цитологии [4], исследовании и контроле атмосферы [5], океанографии [6] и других отраслях.

Информации об использовании оптических методов для контроля размеров абразивных суспензий на основе УДА нами не обнаружено, хотя, как отмечалось, они являются типичными светорассеивающими системами. Таким образом, задачей исследования являлась реализация методов измерения светорассеяния, эксперименты с суспензиями УДА и другими легкодоступными ультрадисперсионными взвесями, а также оценка применимости оптических методов для контроля размеров зерен.

Эксперимент проводился с использованием спектрального вычислительного универсального комплекса КСВУ-12 на базе решетчатого монохроматора МДР-12.

В его электрическую схему были внесены некоторые изменения, допускающие работу в чисто ручном режиме, что необходимо ввиду экспериментального характера работы. Состав комплекса обеспечивает получение монохроматического излучения в диапазоне длин волн 0,2…1,2 мкм за счет использования в качестве источников газоразрядной дейтериевой лампы и лампы накаливания, но чаще всего использовался ультрафиолетовый и видимый диапазон.

Регистрация излучения осуществлялась фотоумножителями ФЭУ-100 и ФЭУ-62 в соответствующих диапазонах. Измерения выполнялись на постоянном токе.

Кроме перечисленного, в состав комплекса входит кюветное отделение, обеспечивающее установку и поочередное введение в поток излучения между монохроматором и фотоприемниками одной из четырех кювет для жидких образцов. Кюветы выполнены из плавленого кварца и представляют собой тонкостенные параллелепипеды с поперечным сечением 10 × 10 мм и высотой 50 мм, причем две противоположные боковые грани, не подвергающиеся облучению, выполнены матовыми. В такой комплектности КСВУ-12 абсолютно пригоден для проведения измерений по методу спектральной прозрачности (рис. 1).

Свет от источника *1* объективом *2* фокусируется на входной щели монохроматора *3*. Монохроматическое излучение конденсором *4* собирается в параллельный пучок, который геометрически ограничивается диафрагмой *5* в пределах кюветы *6*. Одна из кювет 6 наполняется жидкостью, не содержащей взвеси, другая – исследуемой суспензией. Когда в световой поток вводится первая кювета, производится измерение интенсивности нерассеяного излучения, I_0; при введении второй кюветы – интенсивность излучения, прошедшего через рассеивающую среду I.

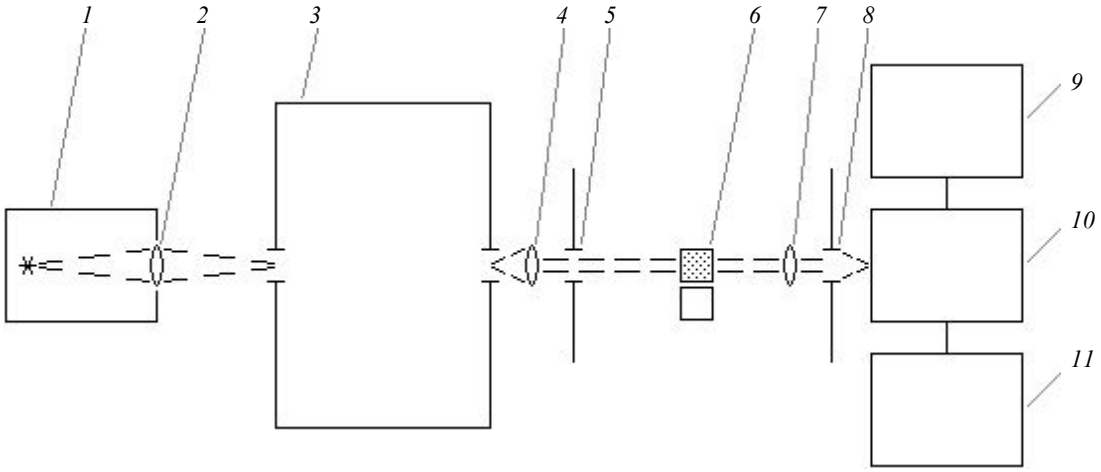


Рис. 1. Схема установки измерения спектров прозрачности:
1 – осветитель с лампой; *2*, *4*, *7* – линзовые фокусирующие системы; *3* – монохроматор;
5, *8* – диафрагмы; *6* – кюветы; *9* – высоковольтный стабилизированный источник;
10 – фотоумножитель ФЭУ-100; *11* – милливольтметр

Линза *7* фокусирует свет на плоскости диафрагмы *8* так, что на ее отверстии собираются лучи, прошедшие без изменения направления. Свет, идущий под другими углами (в результате рассеяния), собирается за пределами отверстия и на фотоприемник *10* не попадает. Так осуществляется угловая селекция излучения. Питание ФЭУ осуществляется от источника *9*, сигнал регистрируется милливольтметром цифровым *11*. Принятая схема установки обеспечивает полную идентичность измерительного тракта при измерениях I_0 и I. Методика измерений полностью соответствует описанной.

В кюветное отделение установки помещалась кювета с исследуемым образцом и кювета с дисперсионной средой без рассеивающих центров (эталонная).

В качестве исследуемого образца применялась водная суспензия УДА, при проведении эксперимента применялось несколько суспензий с различным массовым содержанием УДА. Измерялась интенсивность света, прошедшего через исследуемую кювету I с УДА и образцовую I_0 с дистиллированной водой. Такие измерения проводились на длинах волн от 350 до 700 нм с шагом 25 нм. Затем вычислялось отношение I/I_0.

Далее вычислялось значение двойного логарифма отношения интенсивности света, прошедшего через исследуемый образец, к интенсивности света, прошедшего через эталонную кювету, и логарифм длины волны. По полученным данным строился точечный график в двойном логарифмическом масштабе. Через точки проводили усредненную прямую. Определив приращение двойного логарифма отношения интенсивностей и приращение логарифма длины волны, находим угловой коэффициент усредненной прямой.

Первые опыты показали, что на начальном этапе применение данных методов к частицам очень малого размера, например, ультрадисперсный алмаз (УДА), дает возможность получать только качественные, а не количественные результаты и требует проведения дополнительных исследований.

Для первых измерений была взята водная суспензия порошка УДА, полученного в политехническом институте Сибирского федерального университета. Объемная концентрация составляла примерно 0,000 3 отн. ед.

Результаты измерения I_β были использованы для расчетов при углах $\beta = 45$ и 135.

Для $\lambda = 400$ нм при измеренных $I_{45} = 0{,}15$ отн. ед. и $I_0 = 1\ 360$ отн. ед., $m = 1{,}805$ вычислено $\alpha = 0{,}102$, далее $I_\beta = 10^4$ и из него же $\psi(45,z) = 28{,}9$. Затем интерполяцией по таблице [7] найдено соответствующее $z = 4{,}8$, и, наконец вычислено $r = 5{,}7 \cdot 10^{-6}$ см или 57 нм. Аналогичный расчет для $\lambda = 500$ нм дал значение $r = 65$ нм. По второму методу нахождения r из индикатрисы для отношения $I_{45}/I_{135} = 3$ из таблицы [7] имеем $z = 5{,}2$, откуда $r = 62$ нм; при $\lambda = 550$ нм $r = 76$ нм.

Оба метода дали довольно близкие результаты, причем метод отношения I_{45}/I_{135} не использовал показатель преломления рассеивающих частиц. А это указывает на то, что в методе по $[I_\beta]$ использовалось значение m_i, близкое к реальному.

Попытка проследить влияние разбавления суспензии водой не дала каких-либо результатов, так как малая мутность системы повысила ошибку измерения I_β на всех углах β до порядка самой ее величины.

Рассмотрим определение дисперсности взвесей УДА из измерений спектров прозрачности.

Спектр прозрачности образца суспензии № 1 приведен в координатах «$\ln\lambda - \ln\left|\ln\left(I/I_0\right)\right|$» (рис. 2). Измерения выполнены при исходной концентрации УДА, – $C_{об} = 0{,}000\ 3$ отн. ед. (кривые *1* рис. 2), и при четырехкратном разбавлении (кривые *2* рис. 2). В диапазоне $\ln\lambda$ от 5,6 до 6,5 экспериментальная зависимость $\ln\left|\ln\left(I/I_0\right)\right|$ от $\ln\lambda$ хорошо аппроксимируется прямой линией, т. е. прозрачность взвеси описывается функцией, и к ней применим метод спектра прозрачности.

При дальнейшем увеличении длины волны λ в области снижения чувствительности ФЭУ наблюдается

значительный разброс экспериментальных точек и изменение характера зависимости $\ln\left|\ln\left(I/I_0\right)\right|$ от ln λ. Поэтому для обработки были взяты результаты, попадающие в вышеуказанный спектральный диапазон.

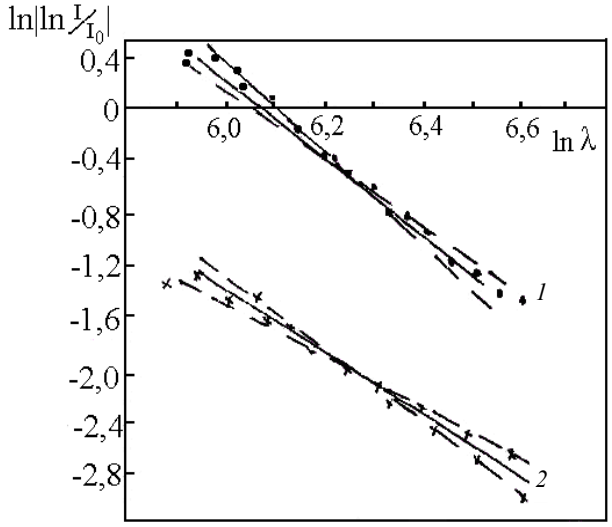


Рис. 2. Экспериментальный спектр прозрачности водной суспензии УДА (образец № 1) в двойном логарифмическом масштабе

Поскольку построение аппроксимирующей прямой «на глаз» всегда содержит в себе некоторый элемент произвола, кроме «средних» аппроксимирующих линий (рис. 2), выполнено построение «предельных» линий как границ возможного положения графика. Предельные линии также использовались для вычисления радиуса частиц [8].

Измерения и расчеты выполненные на образце № 2 гидрозоля УДА, привели к результату r = 183 нм. Для образца № 2 изменений концентрации не проводилось.

Обращает на себя внимание тот факт, что при наличии расхождений результатов двух методов для образцов № 1 и 2 они находятся в примерной пропорции. Это безусловно указывает на то, что исследуемые методы «чувствуют» дисперсность системы.

С помощью углового коэффициента по рассчитанным ранее калибровочным кривым находилось значение дифракционного параметра, зависящего, в свою очередь, от размера частиц и коэффициента преломления материала. Выразив из дифракционного параметра радиус частицы и подставив найденное значение дифракционного параметра, с помощью косвенных вычислений находили искомый средний радиус частицы.

Как показал предварительный анализ [9], полученные результаты существенно расходились с результатами, полученными другими исследователями. Так, например, размеры ультрадисперсного алмаза, на котором проводился эксперимент, составляют от 4 до 20 нм. в редких случаях до 80 нм. Наши результаты показывали средний радиус частиц 120–150 нм. Однако измерения при определенных условиях правильно описывали качественные изменения, например если частицы при повышенной температуре должны были усиленно укрупнятся, то измеренный радиус частиц увеличивался.

Следовательно, метод позволяет измерять дисперсный состав наносред, однако пока большая погрешность метода не позволяет получить результаты требуемой точности.

На основе теории планирования эксперимента был составлен его план в табличном виде для выявления числа значимых факторов и их наиболее информативных уровней.

Для этого был составлен список факторов и целевых функций, принимавших участие в эксперименте. Это длина волны λ, интенсивность светового потока, концентрация взвеси, высота столба жидкости, вещества, которые образуют взвеси; наиболее важным параметром вещества является коэффициент преломления, время, прошедшее с момента приготовления взвеси (диспергирования ультразвуком), функция, описывающая эффективность рассеяния η, дифракционный параметр ρ, и непосредственно сам радиус частиц.

После анализа факторов была выбрана целевая функция и факторы, имеющие корреляционную зависимость с этой функцией. В качестве функции нами было выбрано отношение интенсивности светового потока, прошедшего через образец с УДА, к интенсивности светового потока, прошедшего через образец с дистиллированной водой: I/I_0. В качестве факторов приняты длина волны λ и концентрации УДА в взвесях (см. таблицу).

Пример представления плана эксперимента в табличном виде

№ измерения	I/I_0	λ, нм	Массовое содержание УДА, %
1	0,075 758	350	0,1
2	0,088 608	375	0,1
–	–	–	–
13	0,259 048	675	0,1
14	0,282 877	700	0,1
15	0,000 125	350	0,125
16	0,000 157 5	375	0,125
–	–	–	–
27	0,000 983 333	675	0,125
28	0,001 324 519	700	0,125
–	–	–	–

Данный план эксперимента позволяет найти полиномиальную зависимость между целевой функцией, в роли которой выступает отношение интенсивностей, и параметрами эксперимента, в данном случае длиной волны и концентрацией рассеивающих частиц.

В дальнейшем полученная регрессионная модель может использоваться как для градуировки приборов, реализующих заявленный способ, так и для оптимизации технологических режимов измерений.

Эксперименты показали, что суспензии УДА, являющиеся основой полировальных составов, обнаруживают все закономерности оптики рассеивающих сред. Это позволяет утверждать, что определение дисперсности суспензий УДА эффективно может осуществляться методами светорассеяния.

Для корректного и однозначного применения метода спектра прозрачности необходимо получение регрессионной модели, которая бы описывала зависимости, существующие между экспериментальными данными и искомым средневзвешенным диаметром частиц.

Библиографический список

1. Захаров, А. А. Суперфинишное полирование кремния с использованием ультрадисперсного алмаза / А. А. Захаров, В. А. Юзова, О. В. Семенова // Получение, свойства и применение энергонасыщенных ультрадисперсных порошков металлов и их соединений : сб. тез. Российской конференции. Томск, 1993. С. 80.

2. Эскин, В. Е. Рассеяние света растворами полимеров / В. Е. Эскин.– М. : Наука, 1973. 350 с.

3. Байвель, Л. П. Измерение и контроль дисперсности частиц методом светорассеяния под малыми углами / Л. П. Байвель, А. С. Лагунов. М. : Энергия, 1977. 88 с.

4. Безрукова, А. Г. Информативность параметров светорассеяния при исследовании клеток / А. Г. Безрукова, И. К. Владимирская // Цитология. 1982. Т. 24. № 5. С. 507–521.

5. Розенберг, В. И. Рассеяние и ослабление электромагнитного излучения атмосферными частицами / В. И. Розенберг. Л : Гидрометеоиздат, 1972. 348 с.

6. Шифрин, К. С. Введение в оптику океана / К. С. Шифрин. Л. : Гидрометеоиздат, 1983. 277 с.

7. Слоним, И. Я. Определение размера частиц по светорассеянию / И. Я. Слоним // Оптика и спектроскопия. 1960. С. 98–108.

8. Ереско, С. П. Адаптация методов светорассеяния для контроля дисперсности нанофазных материалов / С. П. Ереско, А. В. Толстоногов // Транспортные средства Сибири : сб. науч. тр. с междун. участием / под ред. С. П. Ереско ; Краснояр. гос. техн. ун-т. Вып. 9. Красноярск, 2003. С. 345–353.

9. Ереско, С. П. Экспериментальная проверка метода определения дисперсности частиц через светорассеяние / С. П. Ереско, А. В. Толстоногов, В. А. Юзова // Вестник университетского комплекса : сб науч. тр. / под общ. ред. Н. В. Василенко. Красноярск : ВСФ РГУИТП, НИИ СУВПТ, 2004. Вып. 2 (16). С. 192–200.

A. V. Tolstonogov, S. P. Eresko

THE OPTICAL METHOD OF MEASUREMENT OF THE SIZES OF ULTRADISPERSE PARTICLES NANOMATERIALS

Nowadays it is lacking the control express-methods of size of nanodisperse particles of different materials, which are necessary in technological processes. Straight measurement methods (for example with electron microscopy) are expensive, prolonged and not technological for production. Herewith the method based on measuring of parameters of light flow passing through suspension of nanomaterials in liquid was tested.

УДК 519.68

Т. Р. Ильина, Г. Б. Хоролич

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РЕШЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Задача маршрутизации транспортных средств производственного предприятия формализуется в виде задачи смешанного целочисленного программирования с булевыми переменными, для решения которой применяется специальный генетический алгоритм.

Задача распределения транспортных ресурсов на предприятии состоит в установлении очередности обслуживания некоторых производственных объектов имеющимися транспортными средствами.

Рассмотрим систему с n объектами $x_1, x_2, \ldots, x_n$ и m транспортными средствами.

Под маршрутом j-го транспортного средства $l_{k_j}^j$, $j = 1, 2, \ldots, m$ будем понимать последовательность k_j элементов (производственных объектов) $x_1, x_2, \ldots, x_{k_j}$ в том порядке, в котором транспортное средство их обходит. Под выполнимым маршрутом понимается маршрут, обеспечивающий непрерывную работу включенных в него объектов, т. е. ситуация, в которой нет простоя оборудования объектов из-за отсутствия комплектующих, доставляемых транспортными средствами. В общем случае, условие выполнимости маршрута можно записать в виде некоторого ограничения на элементы $\varphi(l_{k_j}^j) \geq 0, \quad j = \overline{1,m}$. Введем в рассмотрение множество L всех выполнимых маршрутов системы. Тогда распределение транспортных средств системы можно представить в виде задачи оптимизации:

$$\sum_{j=1}^{m} k_j \to \max,$$

$$\varphi(l_{k_j}^j) \geq 0, \quad j = 1, 2, \ldots, m, \quad l_{k_j}^j \in L, \quad j = 1, 2, \ldots, m.$$

Каждый объект x_i, $i = 1, 2, \ldots, n$ в некоторый момент времени характеризуется двумя числами $(t_i, \ddot{u}_i)$, где t_i – время достижения транспортным средством

объекта x_i; $\ddot{u}_i$ – допустимое время ожидания. Для производства это время, в течение которого работа оборудования не прерывается благодаря имеющемуся запасу сырья и комплектующих.

Точки x_1, x_2, …, x_k ($k \le n$) образуют выполнимый маршрут l_k длины k, если для всех i, $i = 2, 3, \ldots, k$, имеет место условие

$$\tau_i \ge \sum_{s=1}^{i} t_s ,$$

т. е. в выполнимом маршруте время возможного ожидания i-го элемента должно превосходить суммарное время посещения всех предшествующих элементов (выполнимый маршрут длины k обеспечивает бесперебойную работу всем k объектам).

Задача распределения транспортных средств по выполнимым маршрутам сводится к следующей постановке.

Найти такую систему маршрутов $\{l_{k_j}^j\}$, $j = 1,\ 2,\ ...,\ m$, чтобы

$$\sum_{j=1}^{m} k_j \to \max,$$

$$\tau_i^j \ge \sum_{s=1}^{i} t_s^j,\ i = 1,\ 2,\ ...,\ k_j, \quad j = 1,\ 2,\ ...,\ m.$$

Рассмотрим простой случай, когда имеется только одно транспортное средство. Тогда задача сводится к поиску максимального выполнимого маршрута l_k, что приводит к решению следующей задачи:

$$k \to \max,$$
$$\tau_i \ge \sum_{s=1}^{i} t_s, \quad i = 1,\ 2,\ ...,\ k. \tag{1}$$

Для нахождения максимальной длины выполнимого маршрута предлагается формулировка задачи (1) в виде задачи целочисленного математического программирования.

Введем булевы переменные:

$\delta_{ij} = 1$, если объект i обслуживается ранее объекта j, $\delta_{ij} = 0$, в противном случае, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$, $i \ne j$;

$z_j = 1$, если объект j будет обслужен, $z_j = 0$ в противном случае.

Тогда задача (1) может быть записана в виде

$$\max \sum_{j=1}^{n} Z_j \tag{2}$$

при ограничениях:

$$z_j(\delta_{ij} + \delta_{ji}) = z_j,$$
$$z_j \tau_j \ge \left(\sum_{i \ne j} \delta_{ij} z_i t_i + t_j \right) z_j .$$

Если $z_j = 0$, ограничения нет, т. е. соответствующий объект не обслуживается транспортным средством; в правой части каждого ограничения суммируется время достижения объектов, уже обслуженных до j-го. Задача включает $n(n-1) + n$ целочисленных булевых переменных. Число ограничений-неравенств не превосходит $(n-1)$ и зависит от численных значений параметров $t_{ij}\tau_j$.

Пусть максимальная длина выполнимого маршрута установлена и равна p. Тогда составляем всевозможные сочетания из n элементов по p и формулируем задачу минимизации среднего времени достижения объекта транспортным средством (при фиксированной длине маршрута):

$$\frac{1}{p} \sum_{j=1}^{n} z_j y_j \to \min, \tag{3}$$

где $z_j y_j = \left(\sum_{i \ne j} \delta_{ij} z_i t_i + t_j \right) z_j$ время достижения j-го объекта транспортным средством. Если объект j не обслуживается ($z_j = 0$), соответствующее время не находим.

Ограничения следующие:

$$\sum_{j=1}^{n} z_j = p,$$
$$z_j(\delta_{ij} + \delta_{ji}) = z_j,$$
$$zi\tau j \ge \left(\sum_{i \ne j} \delta_{ij} z_i t_i + t_j \right) z_j .$$

В зависимости от постановки практической задачи можно штрафовать за опоздание транспортного средства – считать убыток от простоя оборудования или, наоборот, штрафовать за досрочный приход транспортного средства. Если ожидание объектом транспортного средства возможно, но экономически невыгодно, т. е. приносит убытки, учитываем их, а маршруты с опозданием считаем при этом выполнимыми, т. е. допустимыми.

Пусть за единицу времени простоя j-го объекта берется штраф g_j. Тогда

$$\sum_{j=1}^{n} g_j z_j \left(y_j - \tau_j \right) \frac{\operatorname{sign}\left(y_j - \tau_j \right) + 1}{2} \to \min. \tag{4}$$

Выражение $\dfrac{\operatorname{sign}\left(y_j - \tau_j \right) + 1}{2} = 1$, если $y_j > \tau_j$; иначе $\dfrac{\operatorname{sign}\left(y_j - \tau_j \right) + 1}{2} = 0.$

Ограничения следующие:

$$z_j(\delta_{ij} + \delta_{ji}) = z_j,$$
$$z_j \tau_j \ge \left(\sum_{i \ne j} \delta_{ij} z_i t_i + t_j \right) z_j ,$$
$$z_j y_j = \left(\sum_{i \ne j} \delta_{ij} z_i t_i + t_j \right) z_j .$$

Это – задача смешанного целочисленного математического программирования (СЦП) так как y_j – вещественные переменные. При фиксировании булевых переменных получаем задачу линейного программирования.

Таким образом, получены формулировки практических задач в виде задач смешанного или полностью целочисленного программирования. Доказано, что задачи СЦП даже в линейном случае относятся к классу NP-полных задач [1]. Это означает, что для отыскания оптимального решения требуется экспоненциальное время, такие задачи по существу трудно

решаемы с вычислительной точки зрения. Из этого, в частности, следует, что построение точных алгоритмов является нецелесообразным, что, в свою очередь, приводит к необходимости разработки приближенных эвристических методов. Одним из перспективных подходов к решению задач СЦП является применение методов эволюционного поиска.

В генетическом алгоритме используются механизмы, аналогичные тем, что существуют в природе – кодирование информации в линейные структуры и перераспределение этой информации при помощи специальных «генетических» операций. Алгоритм состоит из следующих шагов: инициализация популяции, оценка пригодности каждого индивида, селекция, скрещивание, мутация, проверка условия останова [2]. Далее шаги повторяются, начиная с оценки пригодности.

Опишем конкретную реализацию генетического алгоритма, использованного для решения описанной задачи.

Выбор начальной популяции не имеет значения для сходимости процесса в асимптотике, однако формирование «хорошей» начальной популяции (например, из множества локальных оптимумов) может заметно сократить время достижения глобального оптимума. В отсутствие априорной информации начальная популяция выбирается случайным образом; при этом генерируем не самого индивида, а его хромосому (бинарное представление), придавая каждому биту значение 0 или 1 с вероятностью S. Количество сгенерированных хромосом соответствует заданной размерности популяции. Затем осуществляется декодирование: каждой хромосоме ставится в соответствие индивид – возможное решение задачи. В нашем случае все целочисленные переменные булевы, поэтому их представление используется впрямую: под каждую бинарную переменную отводится одна позиция.

Под индивидом понимаем строку значений целочисленных переменных в решении задачи. Если два индивида допустимы (не нарушена система ограничений), то в случае полностью целочисленной задачи они сравниваются по значению целевой функции (лучшему индивиду соответствует большее значение функции), при этом недопустимые индивиды могут быть сравнимы между собой по степени нарушений ограничений (любой допустимый индивид считается лучше любого недопустимого). В задаче СЦЛП стратегия решения основана на разделении переменных на множество целочисленных и вещественных. Целочисленные переменые фиксируются через эволюционную систему, в то время как вещественные определяются как функция от них через решение полученной задачи линейного программирования симплексным методом [3]. Если решение соответствующей задачи линейного программирования допустимо, то ее решение – оценка пригодности соответствующего индивида; иначе соответствующий индивид недопустим. Допустимые индивиды сравниваются по значению функции пригодности. В случае недопустимости индивида формулируем задачу линейного програмирования для минимизации этой недопустимости (т. е. суммы нарушений ограничений) и решаем полученную задачу симплексным методом [4].

Посредством оператора селекции индивиды (хромосомы) выбираются для порождения потомков. Для имитации естественной селекции индивиды с более высокой пригодностью выбираются с большей вероятностью. Существует большое число различных моделей селекции, некоторые из которых не имеют биологических аналогов. Большинство схем селекций, используемых в генетических алгоритмах, создают промежуточную популяцию и затем выбирают из нее случайным образом пары индивидов для скрещивания. В данном алгоритме реализован метод ранговой селекции. Все индивиды популяции ранжируются по пригодности. Каждому индивиду назначается вероятность быть отобранным для скрещивания, взятая из некоторого распределения. Созданное программное обеспечение позволяет использовать либо линейное распределение, либо отрицательное экспоненциальное. Оператор селекции работает до создания промежуточной популяции заданной размерности. При этом существует возможность копирования и перехода в следующее поколение лучшего индивида (элитарная селекция).

Основным порождающим оператором генетических алгоритмов считается оператор скрещивания (кроссовер, кроссинговер). Кроссовер заключается в перемешивании бит, содержащихся в исходных хромосомах. Для скрещивания случайным образом отбираются пары индивидов из промежуточной популяции (кандидаты в родители). Скрещивание происходит с заданной вероятностью скрещивания p. Если скрещивание произошло, в следующее поколение переходит один из потомков (с вероятностью 0,5). Если скрещивание не произошло, то клонируем лучшего родителя. Родители возвращаются в популяцию и вновь принимают участие в селекции. Наш генетический алгоритм – равновесный; скрещивание продолжается, пока не будет создано новое поколение. Реализуемые виды скрещивания: одноточечное – разрезание родительских хромосом в одной точке и обмен правыми частями; двухточечное – хромосома рассматривается как кольцо со связанными первым и последним генами, которое рассекается на две части, и полученные фрагменты обмениваются; равномерное – каждый ген потомка выбираем случайным образом из соответствующих генов родителей. Отличительная особенность всех разновидностей данного оператора состоит в том, что, будучи применен к паре совпадающих хромосом, он не меняет их.

Мутация состоит из выполнения (обычно небольших) изменений одного или нескольких генов в хромосоме. В случае бинарного представления исходного пространства поиска примером мутации может служить инвертирование (применение операции логического отрицания) одного или нескольких случайно выбранных бит генотипа. Вектора, представленные исходной и мутировавшей цепочками, могут сильно отличаться друг от друга, что позволяет алгоритму преодолевать окрестности локальных экстремумов. В целом мутация рассматривается как метод восстановления потерянного генетического материала, а не

поиск лучшего решения. В генетических алгоритмах мутация применяется к генам с очень низкой вероятностью.

Условия останова – по числу поколений. Генетический алгоритм эволюционирует в соответствии с приведенными операторами, пока число поколений не достигнет заданного значения. В качестве ответа получаем оценку пригодности лучшего индивида (по всем поколениям).

Подход состоит в том, что мы решаем генетическим алгоритмом задачу (2); при этом индивиды, соответствующие максимальной длине выполнимого маршрута, копируются в одно из последних поколений генетического алгоритма решения задачи (3).

Во время работы генетического алгоритма происходят два взаимно противоположных процесса. С одной стороны, отбор пытается исключить из популяции индивидов с худшими значениями функции пригодности и увеличить число индивидов с лучшими оценками. С другой стороны, репродукция приводит к появлению новых индивидов, предотвращая преждевременную остановку алгоритма в точке локального минимума. Необходимое равновесие между этими двумя процессами осуществляется при помощи набора параметров. Для простейшего генетического алгоритма такими параметрами являются следующие: размер популяции, число поколений, длина хромосомы в битах, вероятность скрещивания, вероятность мутации. Эти параметры должны быть идентифицированы в ходе численных экспериментов.

В результате проведенных расчетов можно сформулировать несколько утверждений относительно влияния параметров алгоритма на его работу:

– интенсивная мутация снижает скорость алгоритма и может серьезно повлиять на сходимость, т. е. алгоритм работает дольше и может не найти оптимального решения;

– слишком малая вероятность мутации затрудняет выход алгоритма из локальных минимумов, т. е. алгоритм сходится достаточно быстро, но не к глобальному решению;

– большие популяции сходятся дольше (требуют большего времени до остановки);

– при малом размере популяции возрастает вероятность остановки в локальном минимуме.

Для каждой решаемой задачи выбор параметров должен осуществляться отдельно в ходе численного эксперимента.

Библиографический список

1. Гэри, М. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон. М. : Мир, 1982. 416 с.

2. Семенкин, Е. С. Оптимизация технических систем / Е. С. Семенкин, О. Э. Семенкина, С. П. Коробейников ; Сиб. ин-т бизнеса упр. и права. Красноярск, 1996. 285 с.

3. Joao, P. Pedroso. Niche search: an evolutionary algorithm for global optimization / P. Joao // Parallel Problem Solving from Nature IV. Vol. 1141 of Lecture Notes in Computer Science. Berlin : Springer, 1996.

4. Хоролич, Г. Б. Решение задач смешанного целочисленного математического программирования эволюционнымиалгоритмами / Г. Б. Хоролич // I Всесибирский конгресс женщин-математиков : тез. докл. конгр. / ИВМ СО РАН. Красноярск, 2000. с. 246.

T. R. Ilina, G. B. Khorolich

FORMALIZING AND SOLVING WITH GENETIC ALGORITHMS THE VEHICLE ROOTING PROBLEM FOR INDUSTRIAL TRANSPORT

Vehicle rooting problem for industrial transport is formalized as a mixed-integer zero-one problem. Specially designed genetic algorithms are used for solving the problem.

УДК 681.3.07

М. Н. Фаворская, А. Н. Горошкин

МОДЕЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА

Построена модель сегментации рукописного текста на отдельные символы. Введены меры сходства между изображениями символа и эталона на основе гипотезы компактности. Приведена классификация различных грамматик для распознавания слов. Сделан вывод о необходимости разработки стохастической грамматики с фиксированной стратегией, определяемой структурой естественного языка.

Процесс распознавания изображений рукописного текста характеризуется зависимостью не только от типичных факторов шумов, вносимых способом представления информации – двумерных изображений, но и проявляет сильную чувствительность к особенностям почерка того или иного человека. Именно этот факт привел к тому, что до сих пор системы распознавания изображений рукописного текста в режиме off-line демонстрируют низкую точность распознавания. Несмотря на кажущуюся простоту и естественность постановки задачи, автоматическое распознавание изображений рукописного текста остается сложной технической проблемой.

Пусть на изображении F_k представлена символьная информация, которая в общем случае группируется в виде следующих множеств:

– $Z = \{Z_1, Z_2, \ldots, Z_M\}$ – конечное множество эталонных образов строчных и прописных букв, цифр, специальных символов;

– $D_C^* = \{C_1^*, C_2^*, \ldots, C_N^*\}$ – конечное множество нормализованных образов строчных и прописных букв, принадлежащих выбранному алфавиту, цифр, специальных символов;

– $D_C = \{C_1, C_2, \ldots, C_N\}$ – конечное множество подмножеств образов строчных и прописных букв, принадлежащих выбранному алфавиту, цифр, специальных символов, при этом подмножества образов символов C_i включают неограниченные варианты написания конкретных символов;

– $D_W = \{W_1, W_2, \ldots\}$ – неограниченное множество слов, принадлежащих различным частям речи и составленных из элементов конечного множества D_C, при этом $W_j \supseteq D_C$;

– $D_S = \{S_1, S_2, \ldots\}$ – неограниченное множество предложений, составленных из элементов множества D_W. Элементы множества предложений образуют текстовые зоны, представленные на изображении.

Система распознавания хранит эталонное множество описаний конкретных символов $Z = \{Z_1, Z_2, \ldots, Z_M\}$, которое должно быть инвариантно как к бесконечному разнообразию почерков, так и к параметрам аффинных преобразований (сдвигов, ориентаций, масштабных искажений). Теоретически возможны реализации таких систем по методу полного перебора или на базе обучаемых нейронных сетей с обратными связями. Однако в первом случае мы получаем неприемлемое время принятия решения с заданной погрешностью ε, а во втором – неприемлемое время обучения с практической возможностью настройки на ограниченное количество почерков людей. Следовательно, необходимо искать другие решения, которые давали бы практически значимые результаты.

В общем случае систему распознавания изображений рукописного текста можно представить в виде трехуровневой структуры: сегментация текстовых зон и отдельных символов, синтаксический и семантический анализ слов и семантический анализ предложений и фрагментов текста. Поскольку самый высший уровень относится к проявлениям искусственного интеллекта, системам понимания и смысловой интерпретации, что на сегодняшний день крайне трудно реализуемо даже с учетом высокого уровня развития компьютерной техники, остановимся на первых двух этапах распознавания.

Проанализируем процесс перехода от изображения, на котором представлен рукописный текст, в пространство признаков эталонов. Пусть F – некоторое множество изображений, на котором задано разбиение на подмножества $V_1^f, V_2^f, \ldots, V_m^f$ такие, что

$$F = V_1^f \vee V_2^f \vee \ldots \vee V_m^f, \; V_i^f \wedge V_j^f = \varnothing \text{ при } i \neq j. \quad (1)$$

Сами подмножества $V_1^f, V_2^f, \ldots, V_m^f$ назовем классами данного разбиения.

Пусть f': $F \to D_S$ – отображение множества F на множество предложений D_s, ш′: $D_S \to D_W$ – отображение множества D_S на множество слов D_W, а ϕ′: $D_W \to D_C$ – отображение множества слов D_W на множество ненормализованных образов символов D_C. Тогда φ′: $D_C \to D_C^*$ – отображение множества ненормализованных образов символов D_C на множество нормализованных образов символов D_C^*, а θ′: $D_C^* \to Z$ – отображение множества нормализованных образов символов D_C^* на множество эталонов символов Z.

Тогда модель порождения изображения F_k можно представить в следующем виде. Каждому образу соответствует один эталонный объект D_{Cj}^*, из которого посредством некоторого отображения θ: $D_C^* \to Z$ порождаются все возможные нормализованные образы символов D_C^*, а посредством отображения φ: $D_C^* \to D_C$ порождаются все возможные ненормализованные образы символов D_C. Отображение ϕ: $D_C \to D_W$ порождает множество слов в соответствии с синтаксическими правилами языка, а отображение ш: $D_W \to D_S$ порождает множество предложений в соответствии с семантическими правилами языка. Наконец, изображение $F_k \in F$ порождается в результате отображения f: $D_S \to F$ множества предложений на множество изображений F. Таким образом, каждому элементу множества $D_{Cj}^* \subset D_C^*$ соответствует подмножество $F_k \subset F$. Причем, на множестве F можно задать бинарное отношение эквивалентности, гарантирующее, что в каждом подмножестве разбиения (1) отображаются элементы только одного образа [1].

Преобразования θ, φ, ш, ϕ, и f принято называть прямыми преобразованиями изображений, а θ′, φ′, ш′, ϕ′, и f' – обратными преобразованиями. Цель состоит в том, чтобы на этапе сегментации символов найти однозначные правила переходов обратных преобразований, а на этапе распознавания определить правила переходов прямых преобразований (см. рисунок). В работе [1] показано, что модель порождения изображений должна учитывать шумы, возникающие в процессе отображения объектов наблюдения на воспринимающем устройстве. Однако в данной модели такие шумы не являются значимыми, поскольку большую шумовую составляющую вносит многообразие почерка даже одного человека. При необходимости от шумов, вносимых способом представления информации, можно избавиться на этапе предварительной обработки изображений с использованием глобальных или локальных адаптивных фильтраций.

Рассмотрим процесс сегментации образов символов рукописного текста. Преобразования f': $F \to D_S$ и ш′: $D_S \to D_W$ можно заменить одним преобразованием $(f$ш$)'$: $F \to D_W$, которое определяет зоны слов на изображении. В качестве такого преобразования можно использовать морфологическую операцию расширения:

$$F \oplus B = \{d_w | ((B')_{d_w} \cap F) \subseteq F\},$$

которая в данном случае размывает изображения символов в словах, не оказывая влияния на пробелы между словами и межстрочные интервалы. При этом B представляет собой примитив операции расширения, на основе которого получают центральное отражение

относительно его начала координат (B'), а затем сдвиг полученного множества в точку d_w. Далее строятся прямоугольники, охватывающие отдельные слова. Здесь необходима операция предварительной нормализации текстовых зон относительно системы координат, позволяющая длинную ось прямоугольника расположить параллельно оси OX. В общем случае эту процедуру необходимо провести для всех выделенных слов, однако ее можно упростить, анализируя отдельные строки или даже отдельные абзацы, если выяснено, что направление написания слов не превышает заданного порога расхождения. Операцию «размытия» слов можно выполнить и другими средствами, например, фильтрацией Гаусса, однако подстройка параметров под конкретное изображение рукописного текста будет затруднительна.

Однако на данном этапе возникают трудности, связанные с определением знаков пунктуации в предложениях, поскольку такие знаки (точки, запятые, двоеточия, точки с запятой) можно принять за шум. Составные слова с дефисом также требуют проведения дополнительного анализа на принадлежность к одному слову. Поэтому преобразование $(f\text{ш})'$: $F \to D_W$ должно включать следующий набор операторов:

– оператор предварительной нормализации текстовых зон $O_n^{(f\text{ш})'}$;

– оператор расширения $O_e^{(f\text{ш})'}$;

– оператор категоризации символов $O_c^{(f\text{ш})'}$;

– оператор нахождения специальных символов $O_s^{(f\text{ш})'}$.

Тогда модель определения текстовых зон на изображении выражается формулой

$$(f\text{ш})' = <\{O_n^{(f\text{ш})'}\}, \{O_e^{(f\text{ш})'}\}, \{O_c^{(f\text{ш})'}\}, \{O_s^{(f\text{ш})'}\}>.$$

Следующим, возможно, самым трудно реализуемым этапом в распознавании рукописного текста является разделение слов на отдельные символы (преобразование ϕ': $D_W \to D_C$), которые отличаются бесконечным многообразием почерков и написаний. Здесь действуют следующие операторы:

– оператор усиления центральной части символа $O_c^{(\phi)'}$;

– оператор определения верхней части символа $O_u^{(\phi)'}$;

– оператор определения нижней части символа $O_d^{(\phi)'}$;

– оператор поиска и анализа предлогов, союзов и т. п. $O_a^{(\phi)'}$;

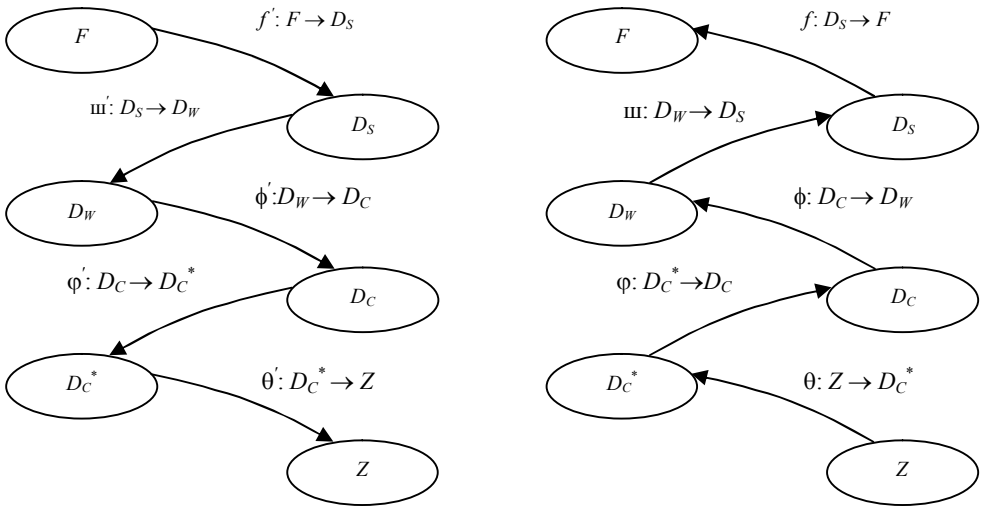
– адаптивный оператор нахождения символов в слове $O_s^{(\phi)'}$.

В качестве оператора усиления центральной части символа $O_c^{(\phi)'}$ можно использовать морфологическую операцию расширения для размытия образов символов и морфологическую операцию сжатия для сужения линий соединения символов:

$$D_C \oplus B = \{d_c | ((B')_{d_c} \cap D_C) \subseteq D_C\},$$

$$D_C \ominus B = \{d_c | (B)_z \subseteq D_C\}.$$

Сжатие множества D_C по примитиву B определяется как множество всех таких точек d_c, при сдвиге в которые множество B целиком содержится во множестве D_C. Операторы определения верхней $O_u^{(\phi)'}$ и нижней $O_d^{(\phi)'}$ частей символов необходимы для выявления графологических особенностей написания букв типа «б», «в», «д», «й», «р», «у», «ф» и т. д. кириллического алфавита и «*b*», «*d*», «*f*», «*k*» и т. д. латинского алфавита. Оператор поиска и анализа предлогов, союзов и т. п. $O_a^{(\phi)'}$ необходим для накопления статистики о примерном соотношении высоты и ширины символов, характерных для конкретного почерка. Этот оператор функционирует на основании гипотезы о равномерности соотношения высоты и ширины символов рукописного текста.



а *б*

Модель распознавания рукописного текста:
а – обратные преобразования; *б* – прямые преобразования

Адаптивный оператор нахождения символов в слове $O_s^{(\phi)'}$ подстраивает размеры прямоугольного окна, описывающего символ, и выполняет маркировку исходя из гипотезы о пропорциональности символов кириллического и латинского алфавитов.

Модель определения отдельных символов на изображении слова выражается формулой

$$\phi' = <\{O_c^{(\phi)'}\}, \{O_u^{(\phi)'}\}, \{O_d^{(\phi)'}\}, \{O_a^{(\phi)'}\}, \{O_s^{(\phi)'}\}>.$$

Этап перехода к нормализованным образам отдельных символов φ': $D_C \to D_C^*$ связан с выделением внешнего контура символа, параметризацией векторного представления контура и нормализацией векторного представления. Если задачи выделения внешнего контура объекта и параметризация его векторного представления исследованы в большом количестве работ, то нормализация векторного представления (особенно в контексте поставленной задачи) требует дополнительных усилий. Особенностью распознавания рукописных символов является наличие не только замкнутых, но и разомкнутых контуров. Поэтому некоторые известные методы получения инвариантов для описания контуров, например, спектральные методы, являются не пригодными для решения данной задачи. Предлагается инвариантность к масштабу обеспечивать приведением суммы длин векторов к единице, а инвариантом выбора начальной точки обхода контура считать вектор с минимальной длиной. При наличии нескольких векторов с минимальной длиной используются специальные правила выбора начальной точки обхода, реализуемые на этапе обучения системы. Таким образом, модель нормализации образа символа можно представить в виде

$$\varphi' = <\{O_o^{(\varphi)'}\}, \{O_v^{(\varphi)'}\}, \{O_n^{(\varphi)'}\}>,$$

где $\{O_o^{(\varphi)'}\}$ – оператор выделения внешнего контура символа, $\{O_v^{(\varphi)'}\}$ – оператор параметризации векторного представления контура, $\{O_n^{(\varphi)'}\}$ – оператор нормализации векторного представления.

Этап θ': $D_C^* \to Z$ отображения множества нормализованных образов символов D_C^* на множество эталонов символов Z можно отнести к процессу распознавания образов текстовых символов. Здесь можно использовать хорошо исследованные меры сходства в метрических пространствах признаков с целью нахождения минимальных различий между образом и эталоном. Можно считать, что отображение θ': $D_C^* \to Z$ переводит изображение символа в точку многомерного векторного пространства. Тогда в соответствии с гипотезой компактности образов можно сформулировать следующие требования к мере сходства $L(F_k, F_z)$ между изображениями символа и эталона:

а) мера сходства должна быть неотрицательной величиной, т. е. $L(F_k, F_z) \geq 0$;

б) мера сходства изображения с самим собой должна быть максимальной $L(F_k,F_k) \to \max$;

в) мера сходства должна обладать свойством симметрии, т. е. $L(F_k, F_z) = L(F_z, F_k)$;

г) мера сходства в случае компактных образов должна быть монотонной функцией удаления точек, соответствующих сравниваемым изображениям.

Указанные требования к мере сходства легко выполняются в метрических пространствах. Если в пространстве изображений введена мера расстояния, то любая невозрастающая функция этого расстояния удовлетворяет изложенным выше требованиям. Так, для эвклидова пространства можно выбрать в качестве меры сходства некоторую функцию Q от расстояния:

$$L(F_c, F_z) = Q\left(\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(f_{ic} - f_{iz})^2}\right) \to \min,$$

где n – размерность пространства. Также для измерения сходства можно использовать упрощенную формулу

$$L(F_c, F_z) = Q\left(\sum_{i=1}^{n}\left|f_{ic} - f_{iz}\right|\right) \to \min.$$

При наличии векторного описания меру близости символа с j-м эталоном $L_j(F_k, F_z)$ можно определить через множество двух признаков: Alpha_i – угол наклона и Len_i – длину вектора:

$$L_j(F_c, F_z) = \sum\left((\text{Alpha}_i, \text{Len}_i) - (\text{Alpha}_i^j, \text{Len}_i^j)\right)^2,$$

где Alpha_i^j – угол наклона и Len_i^j – длина вектора j-го эталона.

К сожалению, гипотеза компактности может не выполняться на выбранном пространстве признаков, что требует нахождения дополнительных признаков и перехода в новое пространство, в котором образы легко бы разделялись. Однако иногда в реальных системах эту процедуру компенсируют этапом обучения с целью повышения быстродействия и сокращения объема памяти.

Теперь рассмотрим процесс распознавания рукописного текста в целом. Возможны две стратегии, первая из которых последовательно выполняет процесс сегментации и распознавания образов символов и затем в соответствии с лингвистическими правилами языка корректирует возможные ошибки в отдельных позициях. Вторая стратегия реализует изложенный выше процесс сегментации и распознавания образов символов только в начальных позициях слов, а потом ускоряет процесс распознавания с учетом распознанных символов в словах на основе, например, скрытых марковских моделей. Тем не менее, для любой стратегии необходимы лингвистическая база правил и лингвистический словарь языка. Первая стратегия объективно имеет более низкое быстродействие, поскольку не учитываются известные лингвистические конструкции языка, а вторая – требует составления и хранения моделей множества слов. Компромиссным вариантом является построение дерева вывода слова (дерева грамматического разбора), которое позволяет ограничить количество сравнений нормализованных образов символов с эталонными образами при реализации преобразования θ'.

Структурный подход к распознаванию образов дает возможность описывать множества сложных изображений, используя небольшой набор непроизводных элементов (в данном случае образов символов) и

грамматических правил. Правила конструирования композиций из непроизводных элементов (в данном случае символов) обычно задаются с помощью специальных грамматик, называемых грамматиками описания изображения. Грамматическое правило может быть применено любое количество раз. Язык, обеспечивающий структурное описание изображений слов в терминах множества непроизводных элементов и конструирование композиций этих элементов, называют языком описания изображений. Для рассматриваемой задачи распознавания рукописного текста язык описания изображений эквивалентен естественному лингвистическому языку. Отметим, что в естественных языках часто возникает проблема неоднозначности. Одно предложение может иметь несколько различных значений в зависимости от различных способов его грамматического разбора. Порождающая грамматика считается неоднозначной, если существует последовательность, имеющая более одного вывода. При этом различными выводами считаются такие последовательности, которые нельзя преобразовать друг в друга, изменяя лишь порядок применения правил. Понятно, что при формировании языков описаний стремятся избегать неоднозначности, вследствие чего возникает задача поиска семейства неоднозначных грамматик.

Различные виды грамматик различаются формой правил подстановки. Самый широкий класс грамматик характеризуется отсутствием каких-либо ограничений на вид правил подстановки. Известны бесконтекстные грамматики, представленные в виде выводов предложений или с использованием деревьев вывода. Для описания сильно зашумленных изображений применяются стохастические грамматики, которые отличаются тем, что на множестве правил подстановки вводится некоторое распределение вероятностей. Известны два основных подхода к построению алгоритмов стохастического синтаксического анализа изображений: стохастический порождающий алгоритм и детерминированный алгоритм возврата. При этом различают два типа стохастических алгоритмов синтаксического анализа. В алгоритмах первого типа (алгоритмы с фиксированной стратегией) выбирается правило подстановки с наибольшей вероятностью применения, а в алгоритмах второго типа (алгоритмы со случайной стратегией) правила из списка переходов выбирается случайно, но в соответствии с распределением вероятностей применения на множестве всех правил подстановки из этого списка. Также разработан метод эталонных последовательностей, основная особенность которого заключается в том, что с помощью некоторой грамматики задается не множество распознаваемых изображений, а множество специальным образом подобранных эталонов. Специфика задачи распознавания рукописного текста требует разработки стохастической грамматики с фиксированной стратегией, определяемой структурой естественного языка.

Существует несколько подходов к реализации стохастической грамматики для решения задачи распознавания рукописного текста. Укажем основные стратегии по мере усложнения:

– стохастическая грамматика, основанная на вычислении вероятностей появления отдельных символов в текстовых документах больших объемов;

– стохастическая грамматика, вычисляющая вероятности появления лингвистических единиц (слогов, словосочетаний);

– грамматика, построенная на методах сокращения поиска в виде интерпретационного дерева.

Нельзя сказать, что все три грамматики идеально подходят для решения поставленной задачи. Тем не менее, рассмотрим, каким образом использование грамматики языка повышает достоверность распознавания отдельных символов и текста в целом. Первая стратегия не учитывает условной вероятности появления последующих символов в слове. В основе этой грамматики лежит вероятность появления того или иного символа P_{C_j}, которая вычисляет по формуле

$$P_{C_i} = \frac{\sum_{j=1}^{N} C_{i,j}}{N},$$

где $C_{i,j}$ – количество появлений i-го символа в j-м слове; N – количество слов.

Использование статистической информации о символах заключается в том, что при распознавании текущих символов в слове вначале анализируются такие эталоны символов, у которых вероятность вхождения символа в слово велика, и лишь затем рассматриваются остальные эталоны символов.

Вторая стратегия является обобщением первого подхода с тем отличием, что элементами анализа становятся слоги и устойчивые словосочетания, присущие естественному языку. Здесь можно применить функцию максимального правдоподобия или байесовский подход вычисления апостериорной вероятности появления слога при условии существования части распознанного слова $r = r_1 r_2 \ldots r_i$, состоящей из i символов.

Эффективной формальной моделью третьего вида грамматики может служить скрытая марковская модель (СММ). Ее основными составляющими являются следующие допущения [2]:

– наличие последовательности случайных переменных, каждая из которых условно независима от всех других, кроме предшествующей переменной;

– каждая случайная переменная характеризуется измерениями, распределение вероятностей которых зависит от состояния.

Третий вид грамматики является самым трудоемким на этапе обучения и самым ресурсоемким на этапе функционирования. Проблематичность построения и хранения СММ отдельных слов в контексте поставленной задачи (поскольку начальные символы в слове могут быть распознаны не верно, что приведет к отрицательному результату) может быть частично снята использованием СММ слогов и устойчивых словосочетаний. В процессе работы алгоритма распознавания построение моделей отдельных слов производится динамически объединением моделей составных частей, входящих в их состав. В то же время модель словаря должна содержать вероятности написания слов и,

желательно, вероятности взаимных переходов между словами.

Задача распознавания рукописного текста осложняется тем, что принятие решения о принадлежности изображения рукописного символа определенному образу основывается на неполных данных из-за особенностей почерка. При этом возникает задача нахождения оптимального решающего правила, которое может быть построено по методу, близкому к методу максимального правдоподобия. Пусть задано изображение F, имеющее признаки $x_1, \ldots, x_{n-k}$, где k – число недостающих признаков. Тогда для определения принадлежности этого изображения одному из образов следует воспользоваться следующим правилом:

$$F \in V_i, \quad \text{если} \quad \frac{P(V_i / x_1, \ ..., \ x_{n-k})}{P(V_j / x_1, \ ..., \ x_{n-k})} > 1.$$

Принимая во внимание, что для каждого образа

$$P(V_i / x_1, \ ..., \ x_{n-k}) = p(V_i) \frac{P(x_1, \ ..., \ x_{n-k} / V_i)}{P(x_1, \ ..., \ x_{n-k})},$$

решающее правило можно сформулировать как

$$F \in V_i, \quad \text{если} \quad \frac{P(x_1, \ ..., \ x_{n-k} / V_i)}{P(x_1, \ ..., \ x_{n-k} / V_j)} > \frac{P(V_j)}{P(V_i)}.$$

Решения, принимаемые на основании такого правила, могут сильно отличаться от оптимальных вариантов. Тем не менее, на этапе распознавания в предлагаемой модели уже известно количество символов в слове (± 1 символ), что позволяет убирать из рассмотрения неприемлемые гипотезы. Использование любой из приведенных стохастических грамматик будет дополнительным фактором, повышающим достоверность распознавания текста.

Представленная в статье модель легла в основу построения системы распознавания изображений рукописных символов, написанных с использованием кириллического и латинского алфавитов [3]. Программа осуществляет построение векторного представления изображения внешнего контура отдельного символа, имеется режим обучения на конкретный стиль и почерк написания символов. Проведенные исследования подтверждают высокую эффективность разработанной модели распознавания. Для тестирования использовалась база данных эталонных векторных моделей, включающая 10–15 моделей на каждый символ. Каждая модель состоит из 20 векторов, нормализованных по 16 направлениям. В режиме функционирования без обучения система обеспечивает точность распознавания 68–75 %. В случае, когда система использует режим обучения на конкретный почерк, точность распознавания повышается до 80–95 %, что является вполне допустимым из-за сложности решаемой задачи. В настоящее время проводятся работы по расширению программного комплекса и созданию модуля распознавания рукописного текста для ввода и обработки документов в системах электронного документооборота. Планируется разработка и подключение электронных лингвистических словарей различной тематики (технической, экономической, юридической), что также должно способствовать повышению точности распознавания рукописного текста.

Библиографический список

1. Фаворская, М. Н. Инвариантные решающие функции в задачах распознавания статистических изображений / М. Н. Фаворская // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. Вып. 1 (14). С. 65–70.

2. Фаворская, М. Н. Прогнозирование в системах распознавания образов на основе скрытых марковских моделей / М. Н. Фаворская, Н. Д. Торгашин, А. Г. Зотин // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2006. Вып. 1 (8) С. 59–63.

3. Горошкин, А. Н. Программный продукт векторизации (Vectoryzator) : свидетельство об официальной регистрации программ ЭВМ / А. Н. Горошкин. № 2007612407 ; зарегистрирован в Российском реестре программ для ЭВМ г. Москва, 7.06.2002.

M. N. Favorskaya, A. N. Goroshkin

THE INVARIANT MODEL FOR IMAGE RECOGNITION OF HAND-WRITTEN TEXT

The invariant model for segmentation of hand-written text on separate symbols is built. The similarity measures between real and pattern symbols based on hypothesis of compactness are introduced. Classification of different grammars for words recognition is discussed. It is necessary to design the probability grammar with fixed strategy defined by structure of nature language.

УДК 629.783.051:621.396.946:681.3

О. С. Иноземцева

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КРИТЕРИЕВ КОМПЛЕКСНЫХ МЕР СЛОЖНОСТИ ДЛЯ БОРТОВЫХ ПРОГРАММ СПУТНИКОВ СВЯЗИ И НАВИГАЦИИ

Проанализированы статистические данные по мерам сложности программ бортового комплекса управления. Получены функции распределения мер сложности бортовых программ на языке МОДУЛА-2 и определены коэффициенты для функций Пуассона. Предложен метод построения комплексных мер сложности и определения критериев для комплексных мер на основе статистических данных.

Повышение надежности бортового программного обеспечения (БПО) спутников связи и навигации является актуальной задачей. Под надежностью программного обеспечения понимается отсутствие ошибок в бортовых программах, выявляемых в летной эксплуатации. На общее повышение надежности бортового программного обеспечения направлена технология разработки и верификации бортового программного обеспечения [1; 2], разработанная и внедренная на ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Средства измерения бортового программного обеспечения [3] являются частью этой технологии. Количество ошибок, не обнаруженных при верификации и тестировании БПО, зависит от сложности бортовых программ. Одной из задач средств измерения является получение мер сложности исходного текста бортовых программ и проверка их на критерии.

Бортовое программное обеспечение разрабатывается в кросс-системе программирования на языке МОДУЛА-2. В работе [4] определены наборы мер сложности для программ на языке МОДУЛА-2. В Институте систем информатики СО РАН (Новосибирск) и ООО «Эксельсиор» разработан метрический компилятор, внедренный в НПО ПМ в составе средств измерения кросс-системы программирования.

Некоторые критерии простых мер сложности в средствах измерения были установлены по экспертным оценкам. Экспертная оценка оказалась не очень хорошим способом определения границ критериев и часто вызывает непонимание и возражения со стороны программистов. Например, нельзя устанавливать жесткую границу длины процедуры, не учитывая ее топологическую сложность, количество переменных, объем внешнего интерфейса. Появляется необходимость собрать и изучить реальные данные по статистике мер, определить комплексные меры сложности и установить критерии по комплексным мерам.

Метрический компилятор языка МОДУЛА-2 вычисляет 27 мер процедур, 22 меры тела модуля и 21 меру модулей. Все меры можно разделить на две категории:

1) меры, связанные со сложностью кода программы на языке программирования;

2) меры, повышающие способность программиста понимать сложный код программы.

Меры объема, топологические меры и меры интерфейса относятся к мерам 1-й категории. К мерам 2-ой категории относятся меры комментируемости и именования объектов.

Большая величина меры 1-й категории означает повышенную сложность кода и соответствует большему числу ошибок в программе. Меры 2-ой категории не связаны со сложностью кода, но отражают разный уровень понимания текста программы, что также оказывает влияние на количество ошибок в программе.

Рассмотрим наиболее разнообразный по видам мер сложности набор мер процедур, вычисляемый метрическим компилятором. Список мер сложности процедур приведен в первом столбце таблицы.

С помощью средств измерения [3] и базы данных управления работами СОКРАТ-УР [5], дополнительно хранящей данные о мерах, были собраны данные по мерам сложности программ бортового комплекса управления на выборке, включающей 233 процедуры. Данные по мерам процедур обработаны в Microsoft Excel, аппроксимированы функциями распределения вероятности, построены диаграммы.

Большая часть мер имеет функцию распределения вероятности Пуассона. Только для трех мер из 27 наблюдается другое распределение вероятности: M16, M22 и M27.

Очевидно, что для мер, выраженных в процентах, функция Пуассона не подходит, а мера M16 зависит от средней длины слова в обычном языке. Меры, не подчиняющиеся функции распределения Пуассона, относятся ко второй категории мер.

Обработка данных выборки процедур выявила, что вероятность меры Mi_k, где i – номер меры; k – номер процедуры, аппроксимируется функцией распределения Пуассона с коэффициентом $K1$:

$$P_\lambda(x) = \frac{(\lambda_i)^x}{x!} e^{-\lambda_i}, \qquad (1)$$

где $x = \mathrm{Int}(Mi_k/K1_i) = 0, 1, \ldots$ – целое число; λ_i – параметр Пуассона для i-ой меры.

Для функции вероятности Пуассона математическое ожидание и дисперсия i-ой меры будет:

$$\mathrm{M}(Mi_k) = D(Mi_k) \sim \lambda_i K1_i . \qquad (2)$$

Коэффициент $K1_i$ является шириной единичного интервала, в который попадает значение i-й меры, так чтобы частота попадания значения меры в единичные интервалы могла бы быть успешно аппроксимирована дифференциальной функцией распределения вероятности Пуассона (1) с некоторым λ_i. Целочисленный коэффициент $K1_i$ легко определялся в Microsoft Excel, а параметр λ_i уточнялся методом наименьших квадратов. Параметры $K1_i$ и λ_i, полученные по результатам обработки выборки процедур, приведены в таблице.

Параметры аппроксимирующих функций Пуассона для мер сложности процедур

Наименование меры	$K1_i$	λ_i	M(Mi_k)	$K2_i$
M1. Общее число вызовов	1	2,40	2,4	21
M2. Число различных вызовов	1	2,70	2,7	21
M3. Число локальных объектов	2	1,10	2,2	7
M4. Число параметров	2	0,5	1	7
M5. Число операторов	7	1,15	8,05	–
M6. Число операторов управления	3	1,44	4,32	21
M7. Число циклов	1	0,4	0,4	7
M8. Число операторов с присваиванием	4	1	4	21
M9. Число не пустых строк	7	3,8	26,6	7
M10. Число комментариев без учета влож. процедур	7	1,72	12,04	7
M11. Число использований глобалов	2	0,7	1,4	7
M12. Число использований импортированных объектов	4	1,25	5	7
M13. Число использований внешних объектов	4	1,75	7	7
M14. Число различных используемых объектов	7	1,9	13,3	7
M15. Число использований объектов	21	1	21	7
M16. Средняя длина имени объекта	–	–	–	–
M17. Мера Мак-Кейба без учета сложности условия	2	1	2	42
M18. Мера Мак-Кейба с учетом сложности условия	4	0,565	2,26	21
M19. Макс. вложенность структурных операторов	1	1,77	1,77	21
M20. Макс. вложенность циклов	1	0,4	0,4	7
M21. Число строк комментариев с учетом влож. проц.	7	2,18	15,26	7
M23. Число локальных процедур 1-го уровня	1	0,055	0,055	7
M22. Комментируемость строк = (Число строк комментариев/Число не пустых строк) 100 %	–	–	–	–
M24. Общее число локальных процедур	1	0,055	0,055	7
M25. Число строк тела	7	2,18	15,26	21
M26. Макс. вложенность IF и CASE операторов	1	1,57	1,5	7
M27. Комментируемость операторов = (Число комментариев/Число операторов) 100 %	–	–	–	–

Функции вероятности некоторых мер, полученные по данным выборки (ряд 1) и ступенчатые функции Пуассона с коэффициентами $K1_i$ и λ_i (ряд 2) показаны на рис. 1–3.

Определено, что коэффициент $K1_i$ для ряда мер равен 7. Человек способен одновременно удерживать в кратковременной памяти не более 7 объектов. К мерам с $K1_i$ = 7 относятся меры длины (число строк тела процедуры, число операторов), меры объема словаря (число различных используемых объектов), и производные от них меры: число строк всех комментариев, число непустых строк. Так как все различные используемые объекты делятся на локальные и глобальные, включают импортированные объекты, то коэффициенты $K1_i$ для мер импортированных, внешних, глобальных, локальных объектов меньше 7.

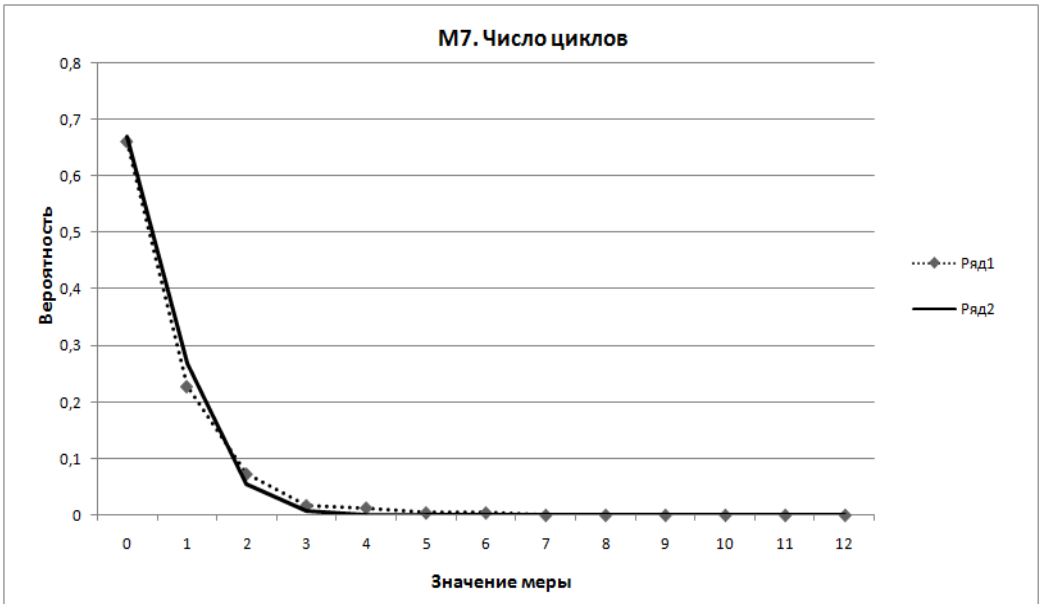


Рис. 1. Аппроксимация меры M7 (ряд 1) функцией Пуассона с $K1_7$ = 1 и λ_7 = 0,4 (ряд 2)

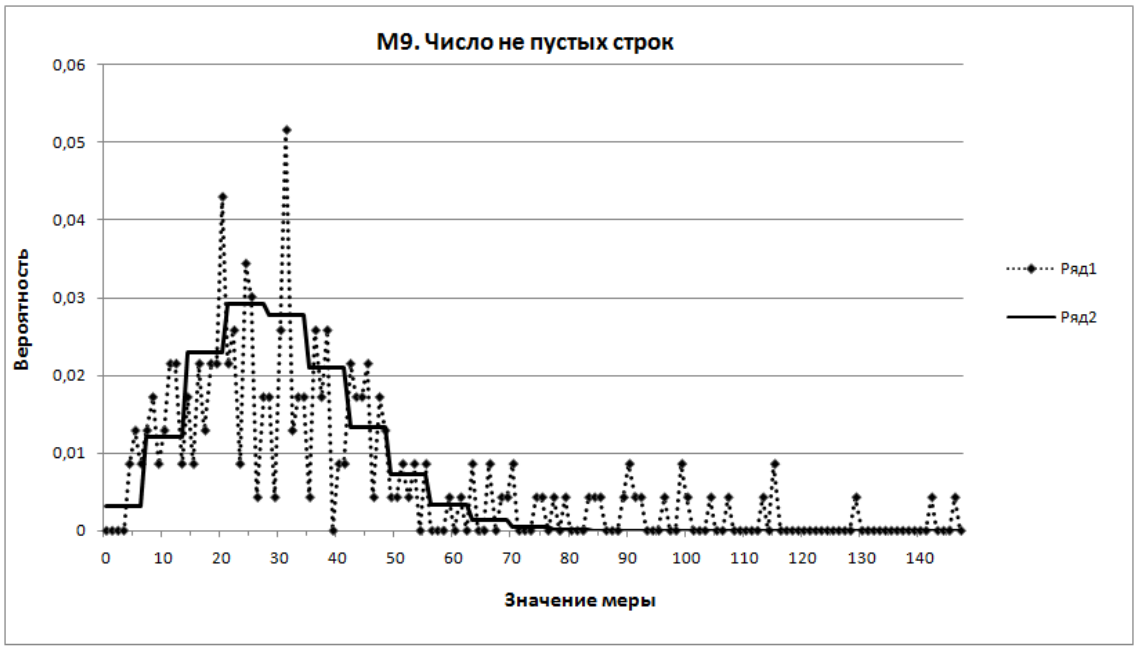


Рис. 2. Аппроксимация меры M9 (ряд 1) функцией Пуассона с $K1_9 = 7$ и $\lambda_9 = 3{,}8$ (ряд 2)

Рис. 3. Аппроксимация меры M19 (ряд 1) функцией Пуассона с $K1_{19} = 1$ и $\lambda_{19} = 1{,}77$ (ряд 2)

Хорошо видно, что сумма коэффициентов $K1_6 = 3$ для меры числа операторов управления и $K1_8 = 4$ для меры числа операторов присваивания равна коэффициенту $K1_5 = 7$ для меры числа всех операторов.

Для меры числа параметров процедуры коэффициент $K1$ равен двум, это связано с парами вход-выход для параметров процедуры. Меры Мак-Кейба имеют тоже коэффициенты, кратные двум: $K1_{17} = 2$ и $K1_{18} = 4$, это можно объяснить делением программы в основном на две логические ветки в узловых точках графа программы.

Можно предположить, что коэффициенты $K1_i$ не должны зависеть от выборки процедур. От выборок процедур, написанных разными группами, программистами разной квалификации и в разных условиях, должны зависеть параметры Пуассона λ_i.

Для построения комплексных мер сложности и определения их критериев будем использовать меры процедур 1-й категории, распределенные по функции Пуассона. Критерии мер 2-й категории (комментируемость, именование) определяются методом экспертных оценок: для улучшения чтения и понимания текста программы.

Комплексную меру процедуры (КМП) определим в виде точки в пространстве из m измерений, компонентами которого является набор нескольких мер из таблицы с учетом коэффициентов $K1_i$: КМП = ($Mi^1_k/K1_{i1}$, $Mi^2_k/K1_{i2}$,... $Mi^m_k/K1_{im}$), где m – размерность пространства выбранных мер. Для взаимно независимых мер вероятность комплексной меры определяется произведением вероятностей функций распределения (1):

$$f_{\text{КМП}} = \prod_{i=1}^{m} P_{\lambda_i}(x_i). \quad (3)$$

Интегральная функция вероятности комплексной меры $F_{\text{КМП}}$ есть сумма дискретных вероятностей (3) по всему пространству мер из m-измерений. При суммировании по всему пространству мер $F_{\text{КМП}} = 1$. Переходим от суммирования к интегрированию и определим границу критерия комплексной меры в виде поверхности Ω с размерностью $m - 1$ такой, что интеграл в пределах от Ω до бесконечности меньше ε:

$$F^{\Omega}{}_{\text{КМП}} = \iint\limits_{\Omega}^{\infty} \ldots \int \prod_{i=1}^{m} P_{\lambda_i}(x_i)dx_1 \ldots dx_m < \varepsilon. \quad (4)$$

Будем искать границу Ω в виде сферической поверхности, применяя ряд упрощений. Не обязательно строить КМП на полном наборе мер. Построим КМП на независимых мерах, имеющих распределение Пуассона с близкими значениями параметра $\lambda_i \sim \lambda$. Дифференциальная функция распределения $f_{\text{КМП}}$, формула (3), будет иметь наибольший максимум в точке с координатами ($\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_m$). Функция $f_{\text{КМП}}$ будет иметь форму неправильного колокола. Вдоль линии, равноудаленной от осей пространства мер, функция $f_{\text{КМП}}$ имеет минимум и выражается формулой

$$f_{\text{КМП}} = P_{\lambda}(x)^m. \quad (5)$$

Максимумы $f_{\text{КМП}}$ будут находиться вдоль прямых, расположенных на расстоянии λ параллельно к осям m-пространства. Функция $f_{\text{КМП}}$ вдоль прямых принимает значения

$$f_{\text{КМП}} = P_{\lambda}(\lambda)^{m-1} P_{\lambda}(x). \quad (6)$$

Однако, оценивая границу критерия КМП, нельзя не учитывать взаимную зависимость мер, и формула (3) $f_{\text{КМП}}$ как произведение функций распределения вероятностей для независимых мер не применима. Построенные на взаимно зависимых мерах точки КМП будут группироваться внутри небольшого угла в m-пространстве. Близкий к единице коэффициент корреляции мер с одинаковым λ означает расположение точек КМП вблизи линии, равноудаленной от осей пространства мер, будем называть эту линию «биссектрисой». Для взаимно зависимых мер имеет место другая форма колокола с тем же наибольшим максимумом в точке ($\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_m$) и с максимумами $f_{\text{КМП}}$ вдоль биссектрисы. В предельном случае с коэффициентами корреляции равными единице все точки КМП располагаются на биссектрисе, а компоненты КМП одновременно принимают одинаковые значения x_i. Функция $f_{\text{КМП}}$ приводится к одномерному распределению вдоль биссектрисы, ее значения легко получить по функции Пуассона, с учетом длины вектора КМП. Вероятность $f_{\text{КМП}}$ в точке ($x_1, x_2, \ldots x_m$), $x_1 = x_2 = \ldots = x_m$ равна функции Пуассона от любой из координат $P_{\lambda}(x_i)$. Формулу (4) можно записать в виде

$$F^{\Omega}{}_{\text{КМП}} = \int\limits_{s=R_{\Omega}}^{\infty} f_{\text{КМП}}(S)dS < \varepsilon, \quad (7)$$

где S – длина вектора КМП = ($x_1, x_2, \ldots x_m$) из нулевой точки, интегрирование ведется вдоль линии биссектрисы.

Написана компьютерная программа, вычисляющая вероятность $F^{\Omega}{}_{\text{КМП}}$ попадания в хвост функции распределения комплексной меры по формулам (4) и (7) для заданных параметров R, λ, m. Параметр $R = x_i$ задавался в виде целых положительных чисел вдоль оси мер. Для независимых мер интегрирование выполнялось по сфере радиуса $R = x_i$, откуда R_{Ω} оценивается по R. Для зависимых мер радиус сферы R_{Ω} оценивается по его проекции $R = x_i$ и уточняется при заданном параметре ε с применением аппроксимирующей функции вида

$$P_{\lambda}(x) = \frac{(\lambda_i)^x}{\Gamma(x+1)} e^{-\lambda_i}, \quad (8)$$

где $\Gamma(x+1)$ – гамма-функция; x – положительное действительное число.

По результатам вычислений можно составить таблицы для выбора радиуса границы критерия R_{Ω} по заданным λ, m и при желаемом значении ε. Получено, что при одинаковых ε граница R_{Ω} для независимых мер меньше границы R_{Ω} для зависимых мер.

Средствами Microsoft Excel посчитана корреляционная матрица для мер, приведенных в таблице, на рассматриваемой выборке 233 процедуры. Большая часть мер имеют высокие положительные коэффициенты корреляции порядка 0,6…0,9 и выше. Низкие коэффициенты корреляции имеют следующие меры: число параметров процедуры, средняя длина имени и меры комментируемости. Так как большая часть мер имеют высокие коэффициенты корреляции, целесообразно выбирать границу R_{Ω} для зависимых мер.

Значение ε выбирается по экспертной оценке: предположим, что 1 % всех процедур являются самыми сложными, тогда $\varepsilon \approx 0{,}01$. Пользуясь результатами расчетов, выбираем границу критерия R_{Ω} для $\varepsilon \approx 0{,}01$.

Считаем комплексную меру сложности в виде длины вектора КМП = ($Mi^1_k/K1_{i1}$, $Mi^2_k/K1_{i2}$,... $Mi^m_k/K1_{im}$), и сравниваем ее с границей критерия R_{Ω}. Процедурами повышенной сложности будут являться процедуры, удовлетворяющие неравенству

$$\sum_{j=1}^{m} \left(Mi^j_k / K1_{i^j}\right)^2 > R^2_{\Omega}. \quad (9)$$

Причина повышенной сложности процедуры уточняется путем поиска простой меры в компонентах вектора КМП, имеющей максимальное отклонение от ее математического ожидания в единицах дисперсии λ_i:

$$\max_j \left(\frac{1}{\lambda_i} \left(Mi^j_k / K1_{i^j} - \lambda_i \right) \right). \quad (10)$$

Можно отсортировать компоненты вектора КМП в порядке убывания по относительному отклонению, чтобы получить больше информации о мерах с отклонениями.

Построим комплексные меры сложности процедур путем сортировки таблицы по λ_i и выделением нескольких групп мер с близкими значениями λ_i:
КМП1, меры M4($\lambda_4 = 0{,}5$), M7($\lambda_7 = 0{,}4$), M11($\lambda_{11} = 0{,}7$), M18($\lambda_{18} = 0{,}565$), M20($\lambda_{20} = 0{,}4$);
КМП2, меры M3($\lambda_3 = 1{,}1$), M5($\lambda_5 = 1{,}15$), M8($\lambda_8 = 1$), M12($\lambda_{12} = 1{,}25$), M15($\lambda_{15} = 1$), M17($\lambda_{17} = 1$);
КМП3, меры M6($\lambda_6 = 1{,}44$), M13($\lambda_{13} = 1{,}75$), M14($\lambda_{14} = 1{,}9$), M19($\lambda_{19} = 1{,}77$), M26($\lambda_{26} = 1{,}57$).

Граница R_Ω рассчитана и выбрана для зависимых мер при $\varepsilon \approx 0{,}01$ и составляет $R_\Omega = 4{,}65$ для КМП1, $R_\Omega = 7{,}93$ для КМП2 и $R_\Omega = 9{,}75$ для КМП3.

В программе проверки мер на критерии средств измерения бортового программного обеспечения [3] введена проверка на критерии комплексных мер КМП1, КМП2, КМП3 с применением формул (9) и (10) в виде экспериментальной апробации новой методики.

Не все меры процедур вошли в состав компонент КМП, и наборы компонент КМП построены на близких значениях λ_i, а не на основе экспертного выбора мер. Представляет интерес построить КМП независимо от величины λ_i из мер разных видов: длины, топологии, числа объектов.

Для улучшения теоретических оценок хорошо было бы определить взаимно независимые меры. Высокие коэффициенты корреляции мер разных видов обусловлены зависимостью почти всех мер от числа операторов в процедуре. Разделим значения мер на число операторов в процедуре, назовем полученные меры нормированными мерами. Пересчитаем матрицу коэффициентов корреляции для нормированных мер, получается значительное снижение коэффициентов корреляции. Корреляция между нормированными мерами числа строк тела, мерой Мак-Кейба, мерой числа используемых объектов и мерой числа операторов низка и составляет около –0,2…0,2, вместо 0,6…0,97 для ненормированных мер.

Распределения нормированных мер можно также аппроксимировать функциями Пуассона (1), но для этого требуется введение еще одного коэффициента $K2_i$:

$$Ni_k = \frac{Mi_k}{M5_k \cdot K2_i}, \qquad (11)$$

где Ni_k – нормированная мера; $M5_k$ – число операторов в процедуре.

По смыслу, коэффициент $K2_i$ является единичной длиной процедуры, измеряемой в операторах, так что нормированная мера Ni_k выражает качественную характеристику процедуры на единицу длины. Например, нормированная мера Мак-Кейба будет являться мерой не всего графа процедуры, а усредненной мерой для единичного фрагмента графа длиной $K2_i$ операторов. Коэффициент $K2_i$ не влияет на коэффициенты корреляции между мерами, но позволяет найти решение в виде других аппроксимирующих функций Пуассона для нормированной меры Ni_k. Коэффициенты $K2_i$ приведены в таблице.

Получив функции распределения нормированных мер, можно рассматривать задачу определения граничной поверхности Ω для КМП с компонентами независимых мер, имеющими разные значения λ_i. Вероятность комплексной меры будет определяться по формуле (3). Границу Ω нужно искать в виде поверхности, удовлетворяющей уравнению $f_{\text{КМП}} = \text{const}$. Условие проверки на критерий (9) превращается в задачу определения, находится ли точка КМП внутри границы Ω. Эти задачи решаемы численными методами.

В общем случае, статистический метод определения комплексных критериев мер заключается в следующем:

1) определении статистических функций распределения мер;

2) выборе набора мер для построения комплексной меры. Для упрощения задачи рекомендуется выбирать меры с близкими функциями распределения;

3) построении функции плотности распределения вероятности в пространстве выбранных мер. Необходимо учитывать взаимную зависимость мер;

4) построении границы комплексной меры в виде поверхности в пространстве мер.

Проверка комплексной меры на критерии имеет два аспекта:

– определение положения точки комплексной меры относительно граничной поверхности;

– при выходе комплексной меры за границу критерия нужно определить, какие простые меры, являющиеся компонентами комплексной меры, оказались причиной выхода комплексной меры за границу. Причина определяется по наибольшему относительному отклонению простой меры от ее математического ожидания.

Исходными данными для построения граничной поверхности является величина вероятности выхода меры за границу критерия, т. е. величина ε формул (4), (7).

Выбор ε может быть сделан по экспертной оценке, или может быть выполнена работа по уточнению ε, исходя из требований надежности программного обеспечения. Для выбора ε по требованиям надежности необходимо получить статистику ошибок и сопоставить ее со статистикой мер сложности в процедурах. По величине комплексной меры сложности можно прогнозировать полное число ошибок в процедуре, и оценивать вероятность остаточных ошибок, которые могут не обнаружиться на этапах тестирования, и перейдут в эксплуатацию. Почти все ошибки обнаруживаются на этапе автономной отладки и тестирования и в базах данных проблем с бортовыми программами не фиксируются. Статистика ошибок, обнаруживаемых после передачи программы, мала, и имеющихся данных недостаточно. Можно разработать программу, встроенную в кросс-систему программирования БПО, предназначенную для сбора статистики ошибок в процедурах на этапах автономного тестирования, собрать данные и продолжить работу в этом направлении.

В результате выполненной работы предложен новый статистический метод построения комплексных мер сложности и определения критериев мер, определены пути дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Антамошкин, А. Н. Технологические аспекты создания бортового программного обеспечения спутников связи / А. А. Колташев, А. Н. Антамошкин // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 93–95.

2. Иноземцева, О. С. Технология разработки и верификации компонент бортового программного обеспечения спутников связи и навигации / О. С. Иноземцева [и др.] // Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека : материалы Всерос. науч. техн. конф., посвящ. 40-летию запуска на орбиту навигац. КА «Космос-192» и 25-летию запуска первого КА «Глонасс» (10–14 октября 2007, Железногорск) / под общ. ред. Н. А. Тестоедова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. С. 165–167.

3. Еремин, А. В. Средства измерения бортового программного обеспечения / А. В. Еремин [и др.] // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008. Вып. 1 (18). С. 52–56.

4. Черноножкин, С. К. Методы и инструменты метрической поддержки разработки качественных программ [Электронный ресурс] : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / С. К. Черноножкин. Электрон. дан. Режим доступа: http:/ www.uran.donetsk.ua /~masters/2004/kita/ukrainsky/ library/consist.htm. Загл. с экрана.

5. Иноземцева, О. С. СОКРАТ-УР : Система управления работами : свидетельство об официальной регистрации программ ЭВМ / О. С. Иноземцева, А. А. Колташев. № 2006611230 от 10.04.2006; заявка № 2006610497 от 20.02.2006.

O. S. Inozemtzeva

STATISTIC METHOD OF SUMMARY COMPLEXITY MEASURES CRITERIA BUILDING OF THE ON-BOARD SOFTWARE FOR THE COMMUNICATION AND NAVIGATION SATELLITES

Analyzed statistic data of the program complexity measures for the on-board control software. Realized statistic distribution functions for complexity measures of the on-board program MODULA-2 and defined coefficients for Poison functions. It is proposed the method to build summary complexity measures and criteria definitions for the summary measures on the base of statistic data.

УДК 796 М

И. М. Петров

ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОСОБ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

Рассмотрен новый способ информационного анализа структур кристаллов биологический жидкости с целью определения состояния организма. Способ основан на исследовании структур микрокристаллов.

Широко известны различные методы исследования биологической жидкости [1–3]. Однако развитие современных методов обработки информации позволяет рассмотреть данную проблему по-новому: с позиции системного информационного анализа при обработке информации. Одним из новых подходов является информационный анализ структур кристаллов биологической жидкости, описанный в патенте на изобретение [4].

Данное изобретение относится к области медицины, в частности к лабораторной диагностике, и может быть использовано для диагностики состояния организма.

Известен способ подготовки крови к радиоиммунологическому анализу (RU 2080602, G 01 N 33/534, 1997.05.27), включающий забор крови у пациента, ее центрифугирование до разделения плазмы и эритроцитной массы и аспирацию фракции плазмы для анализа, при этом периферическую кровь забирают, центрифугируют и замораживают в капилляре в течении 3…5 мин при температуре с –20…–15 °С, перед аспирацией часть капилляра по длине столбика эритроцитарной массы нагревают до 27…30 °С и удаляют с помощью отсоса, а затем размораживают фракцию плазмы и используют ее для анализа.

При осуществлении данного способа в процессе ценрифугирования крови изменяется ее информационная структура, что отражается на точности результата диагностики.

Известен способ диагностики состояния организма и способ подготовки препарата жидкости для его осуществления (RU 2196500, A 61 B5/00, G01N33/48, 1999.06.03), включающий воздействие на препарат жидкости организма человека акустической или рентгеновской волной и диагностирование жидкости организма по изменению суточного градиента поглощения.

Подготовка препарата жидкости организма человека данным способом также приводит к разрушению информационной структуры жидкости.

Известен способ диагностики заболеваний рака человека путем кристаллографии (RU 2250747, A61 B5/04, 2005.04.27), по которому осуществляют информационный перенос с биологической жидкости обследуемого человека на носитель, который затем

соединяют на предметном стекле с кристаллообразующим раствором, высушивают полученный раствор в течение 24 ч в темном помещении при комнатной температуре, после чего анализируют рисунок полученной кристаллограммы, при наличии в рисунке участков со структурой «улитка» диагностируют у обследуемого наличие заболевания.

Кристаллообразующий раствор, используемый в способе, вносит погрешность в результаты анализа, а высушивание смеси биологической жидкости с кристаллообразующим раствором, ведет к удалению из исследуемого препарата основного носителя информации – воды. Кроме того, данный способ не достаточно оперативен, так как только на высушивание раствора требуется 24 ч.

Рассмотрим суть способа диагностики состояния организма на основе исследования информационных структур кристаллов льда биологической жидкости (RU 2312606 C1, МПК A61B 10/00, G01 N 33/48, 20.12.2007), включающий подготовку препарата биологической жидкости живого организма, исследование под микроскопом кристаллических структур, при котором биологическую жидкость замораживают, замораживание и исследование замороженной жидкости проводят при температуре не выше –5 °С, образовавшиеся кристаллы для установления диагноза организма исследуют по следующим диагностическим показателям: форме кристаллов, и/или структуре граней кристаллов, и/или цвету кристаллов, и/или прозрачности кристаллов.

Исследуется биологическая жидкость человека. Можно исследовать биологическую жидкость животных и растений. Можно биологическую жидкость предварительно отстаивать перед исследованием.

Способ диагностики состояния живого организма осуществляется следующим образом. Отбирают известными и используемыми в лабораторной диагностике способами биологические жидкости – кровь, мочу, слюну, любые биологические выделения животных и растений. Исследуемая жидкость, в зависимости от целей исследования и ее физических свойств, помещают на предметное стекло в чашку Петри или другие емкости и подвергают заморозке в морозильной камере. Биологическую жидкость замораживают до температуры не выше –5 °С. Время выдерживания биологической жидкости в морозильной камере зависит от объема замороженной жидкости и длительности кристаллообразования каждого вида биологической жидкости и определяется опытным путем. Исследование замороженной жидкости проводится под микроскопом с увеличением в 200–500 раз, помещая частицу льда на предметное стекло и исследуя форму кристаллов, их цвет, структуру граней. Исследование замороженной жидкости также осуществляют при температуре –5 °С во избежание ее размораживания и нарушения структуры кристаллов. Температура выше –5 °С не приводит к полному кристаллообразованию и снижает точность диагностики. Вывод о наличии заболевания делают на основании исследования кристаллов по следующим диагностическим показателям: форме кристаллов, и/или структуре граней кристаллов, и/или цвету кристаллов, и/или прозрачности кристаллов. Кристаллы биологической жидкости здорового организма имеют правильную форму, ровные грани, специфическую окраску и прозрачность. При любых отклонения от нормы форма кристаллов приобретает неправильные очертания, искривляются грани, окраска кристаллов изменяется, кристаллы теряют прозрачность.

Кристаллы замороженной жидкости можно исследовать и без микроскопа.

Таким образом, в статье рассмотрен новый способ системного анализ информационных структур кристаллов биологической жидкости, образовавшихся в результате ее замораживания. Кристаллы можно исследовать по нескольким параметрам отдельно или по ряду параметров вместе.

Предлагаемый способ диагностики состояния организма позволяет достаточно быстро и с высокой точностью определить состояние организма и наличие или отсутствие каких-либо отклонений от состояния здорового организма. Данный подход требует дальнейшего глубокого исследования и развития.

Библиографический список

1. Шабалин, В. Н. Морфология биологических жидкостей человека / В. Н. Шабалин и др. М. : Хризостом, 2001. 304 с.

2. Daudon V. Clinical value of crystalluria and quantitative morphoconstitutional analysis of urinary calculi / V. Daudon [et al.] // Nephrol. Physiol. 2004. Vol. 98. P. 31–36.

3. Малая медицинская энциклопедия / гл. ред. акад. АМИ СССР В. И. Покровский. М. : Советская энциклопедия, 1991. Т. 5. С. 431.

4. Пат. RU 2312606 C1, МПК A61B10/00, G01 N 33/48 Способ диагностики состояния организма / М. Н Петров, И. М. Петров. Опубл. 20.12.2007, Бюл. № 35.

I. M. Petrov

INFORMATION WAY OF DIAGNOSTICS OF A CONDITION OF AN ORGANISM

The new way of the information analysis of structures of crystals biological liquids with the purpose of definition of a condition of an organism is considered. The way is based on research of structures mikrocrustall an ice.

УДК 621.391.004

М. Н. Петров, Д. Ю. Пономарев, К. Э. Гаипов, В. В. Золотухин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОРНОГО МЕТОДА АНАЛИЗА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В СЕТЯХ НА БАЗЕ СТЕКА ПРОТОКОЛОВ TCP/IP

Рассматривается возможность применения тензорного метода для расчета показателей качества обслуживания сети, на базе стека протоколов TCP/IP. На основании полученных качественных показателей будет приниматься решения о выборе алгоритма управления потоками IP-пакетов.

Одной из составляющих механизма обеспечения качества обслуживания, как в архитектуре дифференциальных, так и в архитектуре интегральных услуг является наличие сервера управления политикой качества обслуживания в сети, роль которого заключается в удаленном администрировании узлов с поддержкой механизмов QoS (Quality of Service (качество обслуживания)), а также сбор статистической информации о функционировании узла. Как правило, администрирование сводится к непосредственному подключению к узлу с помощью протоколов удаленного доступа и ввода соответствующих команд для настройки механизмов QoS, или для распространения правил политики на все узлы сети используется протокол COPS (Common Open Policy Service (общая открытая служба политики), RFC 2748). Средства мониторинга, например такие как Nagios, Intellipool Network Monitor, NCM (Network complex monitor), Alchemy Eye, IPCheck Server Monitor, Friendly Net Viewer и др., предназначены для сбора статистической информации и отображение её в виде графиков, диаграмм или таблиц, на основании которых инженер должен делать выводы о функционировании сети и осуществлять настройку сетевых узлов и протоколов. Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что на сегодняшний день нет единого подхода, как необходимо вести политику поддержки QoS сети. Обеспечение качества обслуживания в таком случае полностью зависит от уровня знаний и навыков администратора сети. В качестве единого подхода к выбору стратегии управления показателями качества обслуживания элементов сети авторы предлагают использовать тензорный метод анализа.

К управляемым и управляющим протоколам для обеспечения заданного качества обслуживания можно отнести следующие протоколы: IP, ICMP, OSPF, IS-IS, EIGRP, TCP, telnet, SSH, r-login, SNMP, CMIP, RSVP, COPS.

В протоколе ICMP (Internet Control Message Protocol, RFC-792, 1256-й протокол передачи команд и сообщений об ошибках) определены сообщения, уведомляющие об ошибках, произошедших в сети, но не все эти сообщения способны влиять на управления потоками данных в IP-сети. В протоколе ICMP определено только одно сообщение, которое способно выполнять такую функцию, – «Подавление источника», а поле «Тип сообщения» в пакете ICMP имеет значение 4. Сообщение о подавлении источника отсылается приемником информации отправителю с целью снижения скорости передачи, при этом скорость снижается на значение, установленное администратором сети. Необходимо отметить, что протокол ICMP не рекомендуется использовать для таких целей в крупных сетях, так как это создает дополнительную нагрузку на маршрутизатор. Кроме того, пакет ICMP непосредственно инкапсулирован в пакет IP, что не гарантирует доставки пакета ICMP адресату.

Следующий протокол, который способен контролировать скорость информационного обмена в сетях IP, – это протокол TCP (Transmission Control Protocol (протокол управления передачей данных), RFC-793). Данный протокол может применяться только для передачи непотокового трафика, так как использование механизмов подтверждения и повторного запроса, определенного в протоколе TCP, может внести слишком большие задержки в передачу пакета и негативно скажется на качестве принимаемой информации. Механизмами управления в протоколе TCP являются метод скользящего окна и система таймеров. Они определяют, сколько байт информации может одновременно передать источник без подтверждения. Но следует отметить, что не все устройства (коммутаторы и маршрутизаторы) в сети на базе IP обрабатывают протокол TCP. Устройствами, обрабатывающие протокол TCP, являются оконечные узлы сети: хосты пользователей и различные серверы приложений и баз данных. Среды основных параметров, которыми необходимо манипулировать в ходе передачи данных по протоколу TCP, необходимо выделить размер окна, таймер повторной передачи, таймер ожидания пакета и среднее время двойного оборота. Таймер повторной передачи настраивается на передающем устройстве и его истечение свидетельствует о том, что подтверждения на переданные пакеты за время, отведенное этим таймером, не пришли. Срабатывание таймера, как правило, происходит в том случае, когда пакет утерян или поврежден. Таймер ожидания пакета настраивается на приемном устройстве и его истечение показывает, что время, отведенное на ожидание следующего пакета, истекло, в этом случае посылается пакет с номером утерянного пакета.

Протоколы маршрутизации, использующие различные метрики состояний каналов, которые вычисляются автоматически либо задаются администратором сети, относятся к средствам распределения информации в сетях связи на базе протокола IP. Так как маршрутизатор или другое устройство, работающее на третьем уровне модели OSI, для вычисления маршрутов наименьшей стоимости использует метрики, то на основании вычисленного маршрута принимается решение о направлении передачи пакета. В случае нескольких маршрутов в маршрутизаторах можно задать

коэффициент, на основании которого трафик, предназначенный одному пользователю, будет распределяться по различным направлениям. Тем самым будет достигнута необходимая загрузка интерфейсов коммуникационных устройств. К протоколам маршрутизации, использующим различные метрики, относятся OSPF (Open Shortest Path First (первый путь открывается первым), RFC-1247), IS–IS (Intermediate System to Intermediate System (связь между промежуточными системами)), EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (улучшенный прокол маршрутизации внутреннего шлюза)).

Как и предыдущие протоколы, протокол IP содержит в своем заголовке необходимую информацию о том, как необходимо обрабатывать данный пакет. Основными полями заголовка IP являются поле «Адрес получателя и отправителя», поле, указывающее на протокол верхнего уровня, а также байт ToS (Type of Service (тип сервиса)) или его модификация – поле DSCP (Differential Service Code Point (указатель на код дифференциальных услуг)). Помимо полей заголовка, управляющей информацией в зависимости от модели маршрутизатора может быть размер пакета IP.

Все перечисленные выше протоколы не управляют распределением информационных потоков в IP-сети непосредственно, они лишь переносят служебную информацию, на основе которой можно принять решение о том, как поступить с определенным пакетом. Основным устройством, принимающим решение в сетях IP, является маршрутизатор или коммутатор третьего уровня.

Основными функциями устройств третьего уровня по управлению трафиком являются механизмы организации очередей, профилирования и формирования трафика, которые могут настраиваться как непосредственно через консольный порт, так и удаленно посредством протоколов telnet (RFC-854), SNMP (Simple Network Management Protocol (простой протокол управления сетью), RFC-1157), CMIP (Common Management Information Protocol (протокол общей управляющей информации)), COPS.

Определено несколько различных способов организации очередей: простое приоритетное обслуживание, взвешенное обслуживание, взвешенное справедливое обслуживание, методы обслуживания очередей, основанные на методе раннего случайного обнаружения и специально разработанные для сетей, в которых на транспортном уровне используется протокол TCP [1–4].

Первые три способа организации очередей подразумевают существование нескольких очередей, где обслуживание каждой очереди ведется по принципу FIFO, а в случае переполнения памяти, выделенной на организацию очереди, поступившие пакеты будут отброшены.

При организации приоритетного обслуживания каждому потоку присваивается свой приоритет. При этом происходит организация такого количества очередей, которое соответствует имеющимся приоритетам, каждая очередь работает по принципу FIFO. Обслуживание очередей происходит следующим образом: вначале обслуживается очередь с наивысшим приоритетом и только после того, как все пакеты в очереди с наивысшим приоритетом будут обслужены, начинается обслуживание очереди с более низким приоритетом. Если в момент обслуживания очереди с низким приоритетом пришел пакет с более высоким приоритетом, то обслуживание этой очереди прекращается и начинается обслуживание более приоритетного пакета.

Механизм взвешенного обслуживания предусматривает организацию нескольких очередей, но при этом каждой очереди гарантируется определенная часть полосы пропускания.

Механизм взвешенного справедливого обслуживания подразумевает организацию n очередей, которые разбиты на k групп. В каждой группе находится m очередей. Между собой каждая группа работает по принципу приоритетного обслуживания, но внутри группы m очередей работают по принципу взвешенного обслуживания.

При организации очереди на основе механизмов случайного раннего обнаружения обслуживание происходит следующим образом: пакеты обслуживаются в порядке поступления, но при переполнении памяти, выделенной на организацию очереди, пакеты в конце очереди отбрасываются в случайном порядке, что связано с применением в протоколе TCP алгоритма медленного старта, описанного в RFC-2001.

Помимо организации очередей, в устройствах третьего уровня реализуются механизмы профилирования и формирования трафика, такие как механизм «дырявого ведра» и «ведра маркеров», с помощью которых осуществляется сглаживание пульсаций трафика [1; 2].

Следующим этапом после выбора набора протоколов управления является настройка механизмов управления IP-трафиком. Решение данной задачи сводится к определению маршрутов прохождения IP-потоков, выбору размеров очередей для различных видов трафика, определению параметров задержек, вносимых как самим устройством, так и всем соединительным трактом, а также к определению скорости обработки пакетов в различных очередях. Кроме того, потоки в современных сетях не являются стационарными, а это значит, что параметры функционирования сетевых элементов должны динамически подстраиваться под изменения поведения потоков IP. Для анализа сложных систем авторами предлагается использование тензорного метода, предложенного в [5], а затем адаптированного к применению в телекоммуникационных сетях [6; 7].

Основоположником тензорной теории явился Г. Крон, который впервые применил тензорный метод к расчету электрических цепей [6]. Центральное место в тензорной методологии Г. Крона занимают два основных постулата обобщения:

– «метод анализа и окончательные уравнения, описывающие поведение сложной физической системы (с n степенями свободы), могут быть найдены последовательно при анализе простейшего, но наиболее общего элемента системы при условии, что каждая величина заменяется соответствующей матрицей размерности n (n-матрицей). Простейший элемент системы может иметь одну или несколько степеней свободы» [6];

– «новая система описывается тем же числом *n*-матриц и того же типа, что и старая система, но отличается от нее численными значениями компонент *n*-матриц; уравнения новой системы, записанное в *n*-матрицах, имеет тот же вид, что и уравнение старой системы; *n*-матрицы новой системы могут быть найдены из *n*-матриц старой системы с помощью рутинного преобразования» [6].

В качестве простейшего элемента сети IP можно взять модель системы массового обслуживания (СМО), обладающую следующими параметрами: интенсивностью поступления пакетов л, интенсивностью обслуживания пакетов м, загрузкой СМО с. Эти параметры связаны соотношением [7]:

$$л = мρ. \quad (1)$$

При объединении простейших СМО в сеть, согласно первому постулату обобщения, уравнение (1) будет иметь матричный вид:

$$\Lambda = M \times P, \quad (2)$$

где Л – вектор, элементы которого показывают интенсивность поступления IP-пакетов в каждую СМО, с количеством элементов, равным количеству СМО в IP-сети; M – квадратная матрица, элементы главной диагонали которой показывают интенсивность обслуживания IP-пакетов в устройстве, а остальные элементы – взаимное влияние отдельных СМО друг на друга, число столбцов и строк этой матрицы определяется количеством СМО в сети; P – вектор загрузки, элементы которого показывают загрузку каждой СМО.

В тензорной методологии ограничение на выбор простейшей сети не накладывается, но в качестве простейшей, или примитивной (в терминологии тензорного анализа) сети предлагается выбрать сеть, которая состоит из такого же количества СМО, что и исследуемая, только между этими СМО отсутствуют связи. Для такой сети матричное уравнение (2) имеет простую форму записи, и в случае отсутствия взаимного влияния все элементы матрицы M, кроме диагональных, равны нулю.

В тензорной методологии определены три типа сетей: контурные, узловые и ортогональные, и используются два способа анализа таких сетей: узловой и контурный [5; 6]. Выбор того или иного метода анализа не имеет значения, а лишь определяется удобством применения.

Рассмотрим применение узлового метода анализа. В качестве примера возьмем маршрутизатор IP-пакетов, имеющий три порта: один принимающий, а два других передающих (рис. 1). Согласно узловому методу анализа составим примитивную сеть для данной сети (рис. 2).

Определим компоненты для примитивной сети (см. рис. 2) согласно формуле (2):

$$\begin{Vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \end{Vmatrix},$$

где $л_i$ – интенсивности соответствующих СМО; $м_i$ – интенсивности обслуживания пакетов соответствующей СМО; $с_i$ – загрузка в соответствующей СМО.

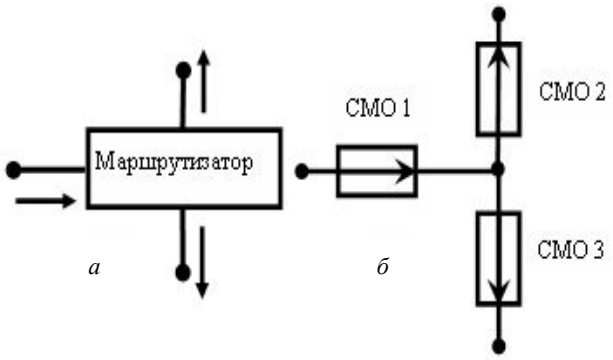


Рис. 1. Маршрутизатор:
а – IP-пакеты; *б* – эквивалентная схема

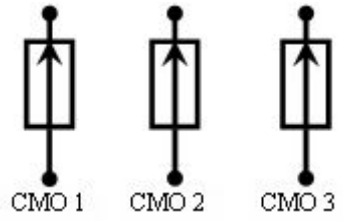


Рис. 2. Примитивная узловая сеть

При объединении примитивных элементов в сеть (см. рис. 1, *б*) происходит перераспределение загрузок. Узловой метод анализа позволит установить матрицу перехода, с помощью которой осуществляется перераспределение загрузок при переходе от примитивной к исходной сети. Для перехода от примитивной сети к исходной определим матрицу A, которая связывает загрузки в СМО примитивной и исходной сетей следующим соотношением:

$$P = A \times P', \quad (3)$$

где P – вектор загрузок в ветвях примитивной сети; P' – вектор загрузок в исходной сети; A – матрица перехода.

При исследовании сети с помощью узлового метода предполагается, что величина P является неизвестной. Поэтому необходимо установить формулы преобразования между интенсивностями обслуживания и поступлением исходной и примитивной сетей. Элементы со штрихом описывают исходную сеть.

Для установления такого преобразования необходимо определить инвариант относительно преобразования координат. В [7] в качестве инварианта выбрано уравнение

$$P \times \Lambda = P' \times \Lambda'. \quad (4)$$

Подставим уравнение (3) в формулу (4):

$$A \times P' \times \Lambda = P' \times \Lambda' \Rightarrow P' \times A^T \times \Lambda = P' \times \Lambda'. \quad (5)$$

Произведя сокращение P', получим

$$A^T \times \Lambda = \Lambda'. \quad (6)$$

Подставим в уравнение (2) уравнения (3) и (6):

$$\Lambda' = M' \times P' \Rightarrow A^T \times \Lambda = M' \times P' \Rightarrow A^T \times M \times P = \\ = M' \times P \Rightarrow A^T \times M \times A \times P' = M' \times P', \quad (7)$$

и произведем сокращение на P':

$$A^T \times M \times A = M'. \quad (8)$$

Определив по формулам (6) и (8) значения Λ' и M' и подставив их формулу (2) $\Lambda' = M' \times P'$, решим это уравнение относительно P'. Результатом решения данного уравнения является вектор загрузок.

Для нахождения загрузок в отдельных ветвях необходимо полученное значение P' подставить в формулу

$$P_B = A \times P'. \quad (9)$$

А для нахождения интенсивностей потоков, проходящих в отдельных ветвях, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$\Lambda'_B = M \times A \times P'. \quad (10)$$

Произведем расчет для сети (см. рис. 1, *б*), в которую добавим вспомогательные загрузки узловых пар (рис. 3). Через эти загрузки будем выражать загрузки в примитивной сети и составлять матрицу перехода *A*.

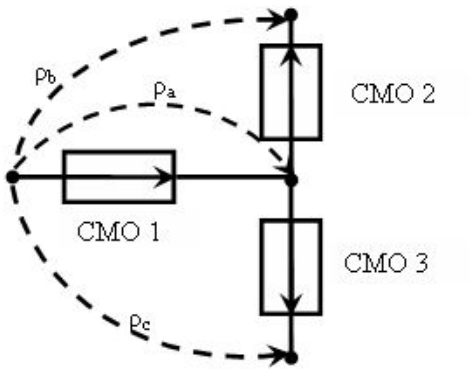


Рис. 3. Исследуемая сеть

Получим систему уравнений, в которой загрузки примитивной сети выражаются через загрузки узловых пар исследуемой сети, а коэффициенты перед загрузками узловых пар будут определяют элементы матрицы *A*:

$$\begin{cases} \rho_1 = \rho_a, \\ \rho_2 = -\rho_a + \rho_b, \\ \rho_3 = -\rho_a + \rho_c. \end{cases}$$

Выразим из этой системы матрицу *A*:

$$A = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{Vmatrix}.$$

Воспользуемся формулами (6), (8) и (9) для получения загрузки в соответствующих СМО исследуемой сети:

Соответственно получаем

$$\Lambda' = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{Vmatrix}^{\mathrm{T}} \times \begin{Vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix},$$

$$M' = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{Vmatrix}^{\mathrm{T}} \times \begin{Vmatrix} \mu_1 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_2 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix} \times$$

$$\times \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \mu_1+\mu_2+\mu_3 & -\mu_2 & -\mu_3 \\ -\mu_2 & \mu_2 & 0 \\ -\mu_3 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix} \times$$

$$\times \begin{Vmatrix} \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \mu_1+\mu_2+\mu_3 & -\mu_2 & -\mu_3 \\ -\mu_2 & \mu_2 & 0 \\ -\mu_3 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} \rho_a \\ \rho_b \\ \rho_c \end{Vmatrix},$$

$$P' = \begin{Vmatrix} \mu_1+\mu_2+\mu_3 & -\mu_2 & -\mu_3 \\ -\mu_2 & \mu_2 & 0 \\ -\mu_3 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix}^{-1} \times \begin{Vmatrix} \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix},$$

$$P_B = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} \mu_1+\mu_2+\mu_3 & -\mu_2 & -\mu_3 \\ -\mu_2 & \mu_2 & 0 \\ -\mu_3 & 0 & \mu_3 \end{Vmatrix}^{-1} \times \quad (11)$$

$$\times \begin{Vmatrix} \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{Vmatrix}.$$

Итак, тензорный метод позволяет достаточно легко описывать текущее состояние сети, при этом вычислительная сложность алгоритма невысока, так как она сводится к простым арифметическим операциям. Данное обстоятельство делает перспективным применение тензорного метода анализа в системах управления телекоммуникационными сетями. Уравнение (11) в явном виде описывает динамику поведения сети в зависимости от интенсивности поступления пакетов, что дает возможность определить гарантии по задержке и вероятности потерь для каждого потока в сети. А использование аналитических выражений для средней очереди и времени задержки из теории массового обслуживания позволит соответствующим образом отрегулировать значение параметров механизмов организации и обслуживания очередей.

Из вышеизложенного следует, что тензорный анализ имеет хорошие перспективы в качестве метода управления сетью IP. В частности, можно предложить следующую архитектуру управления сетью IP (рис. 4) согласующуюся с концепцией построения систем управления на базе протоколов SNMP, CMIP, COPS.

Библиографический список

1. Петров, М. Н. Тензорная методология в информационных сетях / М. Н. Петров, Е. В. Веревкина, М. О. Захарченко ; НИИ систем. упр., волновых процессов и технологий. Красноярск, 2001.

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

3. Пономарев, Д. Ю. Тензорный метод и качество обслуживания / Д. Ю. Пономарев // Инновации в ус-

ловиях развития информационно-коммуникационных технологий : материалы науч.-практ. конф. / под ред. В. Г. Домрачева, С. У. Увайсова ; Моск. ин-т электрон. машиностроения. М., 2007.

4. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый. СПб. : Наука и техника, 2004.

5. Шринивас, В. Качество обслуживания в сетях IP : пер. с англ. / В. Шринивас. М. : Вильямс, 2003.

6. Брайан, Х. Полный справочник по Cisco : пер. с англ. / Х. Брайан. М. : Вильямс, 2006.

7. Леммл, Т. CCIE: Cisco Certified Interwork Expert : учеб. руководство : пер. с англ. / Т. Леммл, Дж. Шварц. М. : Лори, 2002.

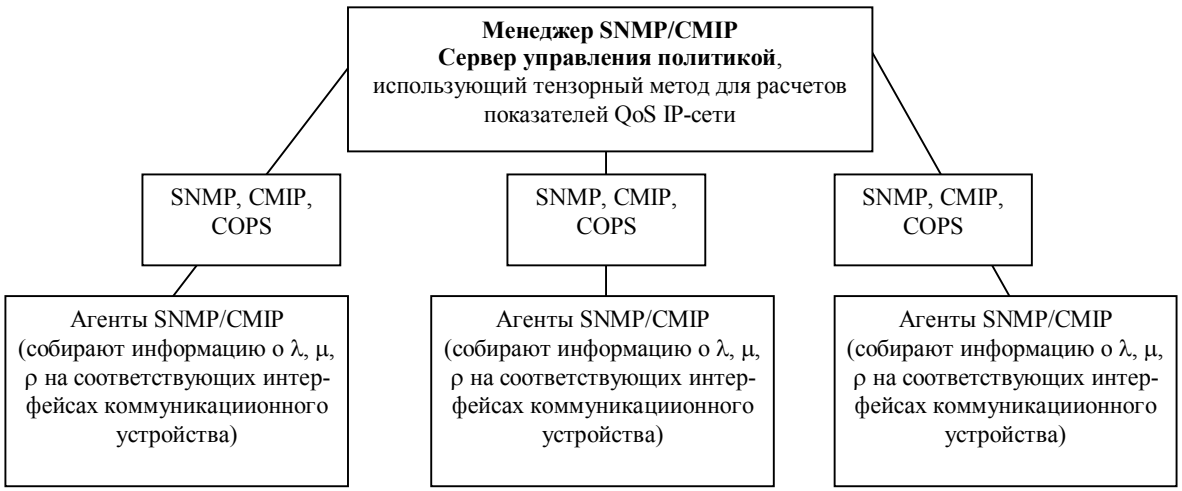


Рис. 4. Модель управления сетью на основе тензорного метода анализа

M. N. Petrov, D. Y. Ponomarev, K. E. Gaipov, V. V. Zolotuhin

POSSIBILITIES RESEARCH OF TENSOR ANALYSIS FOR TRAFFIC CONTROL IN TCP/IP NETWORKS

TCP/IP traffic control is one of the most important tasks for providing given QoS level in modern communication. Tensor analyses present method for optimal distribution network recourses and more effective traffic control in TCP/IP networks.

УДК 519.8

Д. А. Дегтерев, С. Л. Сапунов

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНТ-АЛГОРИТМОВ ДЛЯ МНОГОМЕРНОЙ ЗАДАЧИ О РЮКЗАКЕ

Представлены результаты численных исследований ант-алгоритмов. Даны рекомендации по выбору параметров алгоритмов.

Многомерная задача о рюкзаке является NP-трудной задачей. Приближенные алгоритмы, в том числе и ант-алгоритмы, позволяют найти субоптимальные решения для нее за полиномиальное время.

Сформулируем многомерную задачу о рюкзаке [1]:

$$f(X) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max , \ \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i , \qquad (1)$$

$$x_j \in \{0,1\} , \ j = 1, 2, ..., n , \ i = 1, 2, ..., m .$$

Предполагается, что $c_j > 0$, $0 \le a_{ij} \le b_i$, $j = 1, 2, ..., n$, $i = 1, 2, ..., m$.

Стратегия поиска оптимального решения с помощью ант-алгоритмов хорошо соотносится с решением задачи о многомерном рюкзаке [2]. Можно показать, что задача нахождения туристом оптимального набора предметов и задача поиска кратчайшего пути колонией муравьев практически совпадают.

Для этого выполним некоторые преобразования. Построим сеть по следующим правилам [3]. По оси абсцисс будем последовательно откладывать номера предметов, по оси ординат – их вес. Из каждой точки (начиная с точки (0; 0)) выходят две дуги – горизонтальная (соответствующая альтернативе «не брать предмет») и наклонная (соответствующая альтернативе «взять предмет»), вертикальная проекция которой равна весу предмета. Длины наклонных дуг положим равными ценности предметов, длины горизонтальных дуг – нулю. Полученная сеть (конечная вершина явля-

ется фиктивной и вес любой дуги, соединяющей ее с другими вершинами, равен нулю) обладает следующими свойствами: любому решению задачи (1) соответствует некоторый путь в этой сети; любому пути соответствует некоторое решение задачи. Таким образом, задача свелась к нахождению пути максимальной длины, для чего можно использовать алгоритмы муравьиных колоний.

Основу «социального» поведения муравьев составляет самоорганизация. Самоорганизация является результатом взаимодействия четырех компонентов: случайность, многократность, положительная обратная связь, отрицательная обратная связь.

Ант-алгоритмы основаны на имитации природных механизмов самоорганизации муравьев, использование которых иллюстрируется ниже на примере задачи о рюкзаке.

Многократность взаимодействия реализуется итерационным поиском оптимального набора предметов в рюкзаке одновременно несколькими муравьями. За одну итерацию алгоритма каждый муравей набирает полный рюкзак.

Для задачи о рюкзаке положительная обратная связь реализуется следующим стохастическим правилом: вероятность положить предмет муравьем в рюкзак пропорциональна количеству феромона на этом предмете. Применение такого вероятностного правила обеспечивает реализацию и другой составляющей самоорганизации – случайности. Количество откладываемого муравьем феромона на предмете пропорционально его важности. Чем важнее предмет, тем больше феромона будет отложено на нем, и тем больше муравьев будут использовать его при синтезе своего набора предметов.

Использование только положительной обратной связи приводит к преждевременной сходимости решений – к случаю, когда все муравьи выбирают одни и те же предметы. Для избегания этого используется отрицательная обратная связь – испарение феромона.

Для каждого муравья решение взять предмет зависит от трех составляющих: памяти муравья (tabu list), значимости и виртуального следа феромона.

Tabu list (память муравья) – это список взятых муравьем предметов, которые брать еще раз нельзя. Используя этот список, муравей гарантированно не возьмет один и тот же предмет дважды. В этот список должны быть включены те предметы, взяв которые мы нарушим одно из ограничений задачи.

Значимость (η_j) – это локальная статическая информация, выражающая эвристическое желание муравья взять предмет. Данная мера зависит от некоторых характеристик предмета, таких как масса, объем, цена и является величиной постоянной для каждой конкретной задачи в отличие от tabu list и виртуального следа феромона.

Виртуальный след феромона на предмете *j* представляет подтвержденное муравьиным опытом желание взять предмет *j*. В отличие от значимости след феромона является более глобальной и динамичной информацией – она изменяется после каждой итерации алгоритма, отражая приобретенный муравьями опыт. Количество виртуального феромона на предмете *j* на итерации *t* обозначим через $\tau_j(t)$.

Важную роль в муравьиных алгоритмах играет вероятностно-пропорциональное правило, определяющее вероятность для *k* -го муравья взять предмет *j* на итерации *t*:

$$P_{j,k}(t)=\begin{cases}\dfrac{\left[\tau_j(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_j\right]^{\beta}}{\sum\limits_{j\in J_k}\left[\tau_j(t)\right]^{\alpha}\left[\eta_j\right]^{\beta}}, \text{ если } j\in J_k,\\ 0, \text{ если } j\notin J_k,\end{cases} \quad (2)$$

где α и β – два регулируемых параметра, задающих веса следа феромона и значимости при выборе маршрута.

После того, как каждый муравей набрал свой рюкзак, происходит изменение следа феромона на предметах. Способ изменения следа феромона зависит от модели муравьиного алгоритма [4].

Ant-density – в этой модели количество феромона, оставляемого муравьем на предмете, является постоянной величиной:

$$\Delta\tau_{j,k}(t)=\begin{cases}q, \text{ если } j\in T_k(t),\\ 0, \text{ если } j\notin T_k(t).\end{cases} \quad (3)$$

Ant-cycle – в этой модели количество феромона, оставляемого муравьем на предмете, зависит от общей ценности $f(T_k(t))$ этого набора предметов:

$$\Delta\tau_{j,k}(t)=\begin{cases}q\cdot f(T_k(t)), \text{ если } j\in T_k(t),\\ 0, \text{ если } j\notin T_k(t),\end{cases} \quad (4)$$

где $T_k(t)$ – набор предметов у муравья *k* на итерации *t*; $f(T_k(t))$ – ценность этого набора; *q* – регулируемый параметр.

Для исследования всего пространства решений необходимо обеспечить испарение феромона – уменьшение во времени количества отложенного на предыдущих итерациях феромона [5]. Обозначим коэффициент испарения феромона через $p\in[0,1]$. Тогда правило обновления феромона примет вид

$$\tau_j(t+1)=(1-p)\tau_j(t)+\Delta\tau_j(t),$$

где $\Delta\tau_j(t)=\sum_{k=1}^{K}\Delta\tau_{j,k}(t)$; *K* – количество муравьев в колонии.

В начале работы алгоритма оптимизации количество феромона принимается равным небольшому положительному числу τ_0. Количество муравьев в колонии остается постоянным на протяжении выполнения алгоритма. Многочисленная колония приводит к быстрому усилению субоптимальных решений, а когда муравьев мало, возникает опасность потери кооперативности поведения через ограниченное взаимодействие и быстрое испарение феромона. Число муравьев можно назначить равным произведению числа предметов и числа ограничений.

Последовательность шагов ант-алгоритма выглядит следующим образом:

1. Инициализация параметров алгоритма муравьиных колоний: α, β, p и q, m, τ_0, N – число итераций алгоритма.

2. Задание следа феромона τ_0 на предметах, расчет значимости предметов η_j.

3. Выбор каждым муравьем колонии набора предметов по вероятностно-пропорциональному правилу (2).

Муравей набирает предметы, пока его tabu list не будет включать список всех предметов. Как только все муравьи колонии набрали свои рюкзаки, вычисляем ценность и переходим к шагу 4.

4. Обновление следа феромона на предметах по заранее выбранной схеме: ant-density или ant-cycle. Испарение феромона.

5. Поиск лучшего решения f_{max} на итерации, сравнение с наилучшим f^*: если $f_{max} > f^*$, то $f^* = f_{max}$ и переход к шагу 3.

6. Конец: полученное значение f^* является решением задачи.

Численные исследования ант-алгоритмов проводились на тестовых примерах. В первом примере число переменных было 10, число ограничений – 3. Посмотрим, как результат зависит от параметров алгоритма. Пусть число муравьев $K = 15$, число итераций $N = 10$, тип алгоритма определения следа феромона – Ant-density, число запусков алгоритма (прогонов) равно 100. Общее число наборов предметов равно 150 (из 1 024).

Анализ табл. 1 показывает, что значения параметров α и β значительно влияют на результат, причем значение параметра α существеннее. Наилучшее значение при фиксированных остальных: $\alpha = 0{,}5$, $\beta = 0{,}5$, хотя β может быть и немного больше, результат от этого практически не изменится.

Величина q незначительно в данном случае влияет на результат (табл. 2). Более значительно влияет параметр p. Для данной задачи оптимальное значение $p = 0{,}3$. Алгоритм также находит результат на второй, третьей итерации. Как видно, жадный $\alpha = 0$ стохастический алгоритм на малой размерности также дает удовлетворительный результат 99 % из ста прогонов.

По совокупности данных (табл. 3) можно сделать вывод о том, что число элитных муравьев можно для задачи выбирать произвольным, например $e = 3$. Судя по времени и итерации, на которой найдено оптимальное решение, лучше выбрать начальный объем феромона $\tau_0 = 2$.

Изменим в тип алгоритма на Ant-cycle и посмотрим на результаты решения задачи при прочих равных условиях (табл. 4–6).

Таблица 1

Зависимость работы алгоритма от α и β

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	1	1	0,1	0,3	0,1	3	93	2	1,68
2	2	1	0,1	0,3	0,1	3	65	2	1,22
3	1	2	0,1	0,3	0,1	3	88	2	1,37
4	2	2	0,1	0,3	0,1	3	71	2	1,68
5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	100	2	2,02
6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	3	93	2	3,29
7	0,5	1	0,1	0,3	0,1	3	100	3	1,75
8	0,5	2	0,1	0,3	0,1	3	99	3	1,66
9	0,5	3	0,1	0,3	0,1	3	95	2	1,57
10	0,5	4	0,1	0,3	0,1	3	93	2	2,05
11	1	0,5	0,1	0,3	0,1	3	89	2	2,16
12	2	0,5	0,1	0,3	0,1	3	48	3	1,29

Таблица 2

Зависимость работы алгоритма от q и p

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	0	0,5	0,1	0,3	0,1	3	99	2	2,16
2	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	100	3	2,07
3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	3	100	2	2,14
4	0,5	0,5	1	0,3	0,1	3	100	2	2,26
5	0,5	0,5	5	0,3	0,1	3	98	2	2,35
6	0,5	0,5	0,1	0	0,1	3	99	2	2,43
7	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	3	99	3	2,25
8	0,5	0,5	0,1	1	0,1	3	89	2	1,93

Таблица 3

Зависимость работы алгоритма от начального количества феромона τ_0 и количества муравьев *e*

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	100	3	2,07
2	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	5	100	2	2,1
3	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	9	100	2	2,29
4	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	1	100	3	2,75
5	0,5	0,5	0,1	0,3	0	5	100	3	2,71
6	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	5	100	3	2,09
7	0,5	0,5	0,1	0,3	2	5	100	2	2
8	0,5	0,5	0,1	0,3	5	5	100	3	2,26

Таблица 4

Зависимость работы алгоритма от α и β

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	1	1	0,1	0,3	0,1	3	97	3	1,83
2	2	1	0,1	0,3	0,1	3	76	3	1,41
3	1	2	0,1	0,3	0,1	3	93	2	1,35
4	2	2	0,1	0,3	0,1	3	75	2	1,06
5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	100	3	2,21
6	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	3	97	2	3,6
7	0,5	1	0,1	0,3	0,1	3	99	2	1,76
8	0,5	2	0,1	0,3	0,1	3	99	2	1,49
9	0,5	3	0,1	0,3	0,1	3	97	2	1,65
10	0,5	4	0,1	0,3	0,1	3	84	2	1,93
11	1	0,5	0,1	0,3	0,1	3	97	2	2,08
12	2	0,5	0,1	0,3	0,1	3	79	3	1,55

Таблица 5

Зависимость работы алгоритма от *q* и *p*

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	99	2	2,22
2	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	3	98	2	2,14
3	0,5	0,5	1	0,3	0,1	3	99	3	2,34
4	0,5	0,5	5	0,3	0,1	3	96	3	2,69
5	0,5	0,5	0,1	0	0,1	3	99	3	2,48
6	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	3	97	2	2,18
7	0,5	0,5	0,1	1	0,1	3	94	2	1,82

Таблица 6

Зависимость работы алгоритма от начального количества феромона τ_0 и количества муравьев *e*

№ п/п	Сочетание параметров						Процент верного решения	Время выполнения всех прогонов, с	Средний номер (вещ.) итерации с лучшим решением
	α	β	q	p	τ_0	e			
1	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	3	100	3	2,53
2	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	5	100	3	2,29
3	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	9	100	3	2,11
4	0,5	0,5	0,1	0,3	0,1	1	100	3	2,23
5	0,5	0,5	0,1	0,3	0	5	99	2	2,71
6	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	5	100	3	2,18
7	0,5	0,5	0,1	0,3	2	5	100	2	2,19
8	0,5	0,5	0,1	0,3	5	5	100	3	1,98

В среднем алгоритм типа Ant-Cycle сработал несколько лучше алгоритма с типом Ant-Density. Закономерности между параметрами α, β и результатами алгоритма остались прежними: $\alpha = 0,5$, $\beta = 0,5$.

Алгоритм сработал в среднем на уровне алгоритма Ant-density. Оптимальные параметры также приблизительно совпадают $q = 0,1$, $p = 0,3$.

Алгоритм типа Ant-cycle в целом сработал на уровне Ant-density. Результаты отличаются по значению параметров: $e = 9$, $\tau_0 = 5$.

Анализ аналогичных результатов для тестовых задач с 20 переменными и тремя ограничениями и 24 переменными и 6 ограничениями показал значительное влияние параметров α и β на результат,

лучшие значения для обеих задач: $\alpha = 1$, $\beta = 2$. Величины q и p незначительно в данном случае влияют на результат. Число элитных муравьев для задач можно выбирать произвольным, например $e = 5$, начальный объем феромона лучше выбрать небольшим $\tau_0 = 0{,}1$. Результаты алгоритма типа Ant-cycle несколько лучше результатов алгоритма Ant-density, что касается выводов по параметрам, то они остаются без изменений.

Для задачи с 20 переменными число муравьев $K = 20$, число итераций $N = 10$, тип алгоритма определения следа феромона – Ant-density, число запусков алгоритма (прогонов) – 100. Общее число наборов предметов – 200 (из 1 048 576). Время выполнения всех прогонов – 4–5 с.

Для задачи с 24 переменными и шестью ограничениями число муравьев $K = 30$, число итераций $N = 10$, тип алгоритма определения следа феромона – Ant-density, число запусков алгоритма (прогонов) – 100. Общее число наборов предметов – 300 (из 16 777 216, что составляет всего 0,001 788 %).

Ант-алгоритмы тестировались также на задачах с 42 переменными и двумя ограничениями – точное решение найдено за 18 с, с 39 переменными и 5 ограничениями – точное решение найдено за 291 с и на задаче с 50 переменными и пятью ограничениями – точное решение найдено за 68 037 с.

По результатам численных исследований можно дать следующие рекомендации по применению ант-алгоритмов на реальных данных в условиях, когда очень трудно решить задачу полным перебором вариантов и истинное решение нам неизвестно.

Относительно типа модели вычисления следа феромона на взятых предметах можно сказать, что обе модели: и Ant-density, и Ant-Cycle, – показали хорошие результаты. Однако при правильном подборе коэффициентов вторая модель, как правило, показывает лучшие результаты.

Выбор параметров α и β существенно влияет на результат работы алгоритмов. Чаще всего для большеразмерных задач оптимальными являются значения $\alpha = 1$, $\beta = 2$. Остальные параметры не так значительно влияют на результат, однако их влияние на сходимость алгоритма также существенно. Главное, выбирать их значения в разумных пределах. Рекомендуемые значения для параметров алгоритмов следующие: $q = 1$, $p = 0{,}3$, $\tau_0 = 0{,}1$,$e = 5$.

Библиографический список

1. Сигал, И. Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы : учеб. пособие / И. Х. Сигал, А. П. Иванова. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. 240 с.

2. Fidanova, S. Evolutionary Algorithm for Multidimensional Knapsack Problem / S. Fidanova // PPSNVII-Workshop. 2002. P. 118–124.

3. Бурков, В. Н. Прикладные задачи теории графов / В. Н. Бурков, И. А. Горгидзе, С. Е. Ловецкий // Тбилиси : Мецниереба, 1974. 234 с.

4. Dorigo, M. The Ant System: An Autocatalytic Optimizing Process : Technical Report No. 91-016 / M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colorni ; Politecnico di Milano. Italy, 1991. 103 p.

5. Bonavear, E. Swarm Intelligence: from Natural to Artificial Systems / E. Bonavear, M. Dorigo // Oxford University Press. Oxford, 1999. 307 p.

D. A. Degterev, S. L. Sapunov

NUMERICAL INVESTIGATION OF ANT-ALGORITHMS FOR MANY-DIMENSIONAL KNAPSACK PROBLEM

The ant-algorithms numerical investigations results are presented. Recommendations on the algorithms parameters choice are given.

УДК 519.872.5, 621.391

Е. А. Графеев, М. Н. Петров

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОАДРЕСНЫМ ДОСТУПОМ НА ОСНОВЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

Рассмотрены способ организации многоадресного доступа в информационные сети и базы данных на основе биометрических данных человека и электронная система для реализации данного способа, значительно повышающие информационную защищенность от несанкционированного доступа.

В настоящее время в мире используется большое количество способов и устройств доступа к информационным ресурсам. Однако с экономической точки зрения возникает необходимость в создании универсального устройства доступа. Наиболее удобными с этой точки зрения являются системы на основе биопараметров человека.

В 2006 г. одним из авторов статьи был получен патент России на электронную систему многоадресного доступа (Пат. 2274896 Российская Федерация. Электронная система управления многоадресным доступом. Заявл. 20.04.06 зарегистрированная международная заявка PCT/RU 2005/000646 от 15.12.05). В основу

патента легла идея создания устройства, позволяющего организовать мультидоступ с применением биометрических технологий на основе отпечатков пальцев (ОП) и с отсутствием паролей в их обычном понимании.

При разработке требований к такому устройству учитывались следующие параметры и условия:

1. Решение проблемы стандартизации. Каждый производитель создает изделия, в которых заложены уникальные характеристики, присущие только этому изделию. Различные замки требуют различных данных как по формату, так и по размеру. Понятно, что объединяя разные требования в одном устройстве, придется создавать в нем отдельные записи. Объем данных для различных доступов будет отличаться. Для личного доступа (замок в квартире, например) запись может быть короткой, а для банка или удостоверения личности – длинной. Узнать же размер файла для того или иного устройства (замка) возможно только при регистрации, постороннему эта информация не выдается. Это заложено в изобретении.

2. Максимально упростить использование устройства и не создавать очередного «калькулятора» с множеством кнопок и запутанных функций. Хотя в некоторых случаях выпуск и такого устройства может быть интересен. Патент допускает такую возможность. Если соблюдать это требование, то становится очевидным, что запись на ключ (мобильное устройство) должен производить сам замок.

3. Необходимость создания большего количества комбинаций для отпечатков пальцев. Их ведь только 10. Выход один: их повторное использование, т. е. предоставление возможности сканирования двух и более для формирования одного сигнала пароля доступа.

Мобильное устройство позволяет «хранить» использованный сканер непосредственно у его обладателя и не оставлять свои ОП на чужом сканере.

При использовании стационарного устройства с фиксированным сканером в случае попытки «снять» изображение ОП, оставленного предыдущим пользователем, второй отпечаток «затирает» следы первого.

4. Необходимо дать возможность полностью освободить пользователя от использования ОП, но в то же время дать ему возможность использовать данное устройство. Для этого предусмотрена функция формирования «пустых сигналов», которые могут быть различными для каждого устройства в отдельности, одновременно повышая уровень секретности.

5. Необходимость максимально обезопасить ОП от постороннего копирования с переносного устройства. Этого можно достичь двумя способами:

а) ограничить возможность постороннего использования и снятия информации с переносного устройства в случае его утраты путем установления пароля на его включение (пин-код, например). Но это нарушает принцип «устройство без паролей». Кроме того, в отдельных случаях доступ к информации может быть жизненно важным;

б) наличие в переносном устройстве запрета на хранение эталонных данных отпечатков пальцев в его постоянной памяти, т. е. данные, полученные при сканировании, либо стираются сразу после передачи на внешнее (приемное) устройство, либо по истечении короткого промежутка времени.

На основании сформулированных условий была создана электронная система многоадресного доступа. Все эти моменты отражены в патенте и результаты экспертизы по поиску аналогов заявки дали самые положительные результаты, соответствующие наивысшей степени новизны.

Рассмотрим отличия предлагаемого устройства от тех, что в настоящий момент присутствуют на рынке.

Основные недостатки современных систем доступа и документов:

– отсутствие мобильности – один ко всем;

– сохранность ключей;

– доступность к использованию третьими лицами;

– информацию о пользователе на носителях информации необходимо охранять средствами защиты (криптография, водяные знаки и т. д.);

– невозможность изменить информацию на электронном чипе (пример: банковские карты);

– необходима замена (индивидуальное изготовление новой карты) в случае истечения срока действия или утраты;

– отсутствие скрытых систем сигнализации и оповещения;

– стоимость;

– отсутствие поддержки различных стандартов;

– отсутствие централизованной базы данных по утраченным средствам доступа;

– минимальное количество комбинаций ОП при составлении пароля.

Основными отличиями предлагаемого изобретения являются следующие:

– универсальность – один ко всем;

– безопасность (его можно потерять, но им нельзя воспользоваться);

– возможность записи на мобильное устройство данных;

– система скрытого оповещения и сигнализации;

– стоимость (нет необходимости устанавливать вандалоустойчивые терминалы, как следствие порог вхождения значительно уменьшается);

– поддержка множества стандартов одним устройством;

– создание базы данных по утраченным ЭК;

– увеличение количества комбинаций паролей при регистрации пользователя;

– психологический комфорт.

Запатентованная технология позволяет сделать мобильное универсальное устройство, способное соединить различные системы доступа на основе одного универсального решения. Это избавит пользователя от необходимости держать большое количество ключей, пластиковые карты, токены, другие электронные и бумажные носители информации без потери уровня секретности, а в большинстве случаев повышая его. Это достигается еще и тем, что потеря данного устройства не несет в себе угрозы несанкционированного доступа к охраняемым объектам, и устройство может быть заменено, на новое устройство.

Данное изобретение позволяет создавать принципиально новые изделия как по форме, так и по содержанию. Оно не ограничивает производителя в создании новых товаров и услуг на основе данного изобретения.

E. A. Grafeev, M. N. Petrov

ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF MULTIPLE-ADDRESS ACCESS ON THE BASIS OF BIOMETRIC DATA FOR PROTECTION OF THE INFORMATION IN DATABASES

The considered way of the organization of multiple-address access to information networks and databases on the basis of biometric data of the person and electronic system for realization of the given way improve information security from not authorized access.

УДК 681.34

А. В. Новой

МОДИФИКАЦИЯ NVP АРХИТЕКТУРЫ С НЕВОССТАНАВЛИВАЕМЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Рассмотрены особенности N-версионного программирования. Предложена модификация NVP архитектуры с целью повышения ее надежности. Показаны преимущества модифицированной архитектуры.

Для повышения надежности программного обеспечения (ПО) применяются различные методы. Особую группу составляют мультиверсионные методы, одним из которых является *N*-версионное программирование (NVP).

Суть *N*-версионного программирования заключается в следующем: различными командами разработчиков создается несколько версий (не менее двух) программного обеспечения. В ходе эксплуатации эти версии выполняются параллельно на отдельных компьютерах. Результаты работы версий сравниваются с помощью алгоритма голосования, задача которого заключается в выборе корректного выхода [1].

NVP архитектура представляет собой систему с параллельным соединением версий. Если предположить, что алгоритм голосования является «абсолютно надежным»: корректный выход находится даже в случае верного выполнения только одной версии, и версии повторно не используются после отказа, – то надежность данной системы, состоящей из n версий, можно вычислить по формуле [2]

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - p_i(t)) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - e^{-\lambda_i t}), \qquad (1)$$

где $P(t)$ – надежность системы (ПО) в момент времени t; $p_i(t)$ – надежность i-й версии в момент времени t; л$_i$ – интенсивность отказа i-й версии.

Разрабатываемое программное обеспечение должно удовлетворять требованиям надежности, которые предъявляются заказчиком. Эти требования могут быть сформулированы в виде наработки на отказ, поддержания заданного уровня надежности в течение определенного времени и другими способами.

Согласно формуле (1), такие требования могут быть выполнены либо с помощью изменения интенсивности отказов версий, либо варьируя числом версий. Значение интенсивности отказа связано с тестированием программы: чем тщательней проводится тестирование, тем больше может быть выявлено ошибок и соответственно исправлено, и тем ниже будет интенсивность отказа; но в сложных программах исключать наличие ошибок никогда нельзя. Для увеличения числа версий, хотя бы на одну, понадобится создание дополнительной команды разработчиков и наличие дополнительного компьютера, на который будет установлена данная версия, этого требует NVP метод [1]. Оба варианта связаны с увеличением финансирования проекта по созданию надежного программного обеспечения, которое зачастую ограниченно.

Если заказчик предъявляет требования по обеспечению заданного уровня надежности ПО, то надежность системы может быть повышена без использования дополнительных версий или версий с меньшей интенсивностью отказа. Повышение надежности (увеличение времени нахождения системы на заданном уровне надежности) достигается при помощи подключения версий особым образом.

Пусть R – требуемый уровень надежность, а T – время, в течение которого надежность системы не ниже, чем R.

Хотя отказы носят случайный характер, но чем раньше версия будет включена в работу ПО (начнет обрабатывать данные), тем раньше произойдет ее отказ. Заданный уровень надежности некоторое время может обеспечивать каждая версия в отдельности. Поэтому нет необходимости, чтобы все версии одновременно начинали работать.

Предлагается следующий способ модификации NVP архитектуры. В начальный момент времени данные начинает обрабатывать только одна версия, остальные версии бездействуют (находятся в состоянии ожидания). При этом алгоритм голосования выполняет функции приемочного теста, проверяя результат на приемлемость. Когда надежность системы снижается до критического уровня R, подключается новая версия. Система уже состоит из двух параллельно работающих версий. Надежность системы в этот момент времени будет равна 1, так как время работы для второй версии начинается с нуля. С течением времени надежность вновь снизится до уровня R, в этот момент подключается следующая версия.

Таким образом, предлагается включать версии не все сразу, а последовательно в момент снижения надежности системы до заданного уровня R. Выбор времени подключения версии является ключевой задачей, так как программное обеспечение должно удовлетворять требованиям надежности.

Такой подход, с одной стороны, обеспечивает выполнение требований, а с другой – максимально отодвигает время подключения версий и приводит к уве-

личению времени T. Чтобы отслеживать текущее состояние системы – ее надежность, в NVP архитектуре должен быть предусмотрен дополнительный механизм, в функции которого входила бы операция подключения дополнительных версий в нужное время.

Рассчитаем время подключения каждой версии и надежность такого программного обеспечения.

Пусть $K = \{k_1,\ldots, k_n\}$ – вектор размерности n, каждая координата которого определяет время включения соответствующей версии, за начало отсчета берется время начала обработки данных, поэтому $k_1 = 0$. Время k_2 определяется из условия равенства надежности первой версии и требуемого уровня R:

$$p_1(k_2) = e^{-\lambda_1 k_2} = R, \qquad (2)$$

откуда

$$k_2 = -\frac{\ln p_1(k_2)}{\lambda_1} = -\frac{\ln R}{\lambda_1}. \qquad (3)$$

В момент времени k_2 происходит подключение второй версии. ПО представляет собой систему с двумя параллельно работающими версиями, надежность такой системы будет

$$P(t) = 1-(1-e^{-\lambda_1 t})(1-e^{-\lambda_2 (t-k_2)}),\ t > k_2. \qquad (4)$$

Формула (4) описывает, что версия номер один продолжает работать, а для версии номер два время смещается на значение k_2, которое определяет начало работы второй версии.

Если система содержит еще незадействованные версии, то из уравнения (4) находится время k_3 равное t, при котором надежность системы, состоящей из двух версий, равна R. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет определено время включения каждой версии.

В процессе функционирования число задействованных версий программного обеспечения изменяется от 1 до n. Надежность системы, состоящей из $1 \le n$ версий, в общем виде может быть записана следующим образом:

$$P(t) = \begin{cases} e^{-\lambda_1 t},\ l = 1,\ 0 \le t \le k_2, \\ 1-(1-e^{-\lambda_1 t})(1-e^{-\lambda_2 (t-k_2)}),\ l = 2,\ k_2 < t \le k_3, \\ 1-\prod_{i=1}^{3}(1-e^{-\lambda_i (t-k_i)}),\ l = 3,\ k_3 < t \le k_4, \\ 1-\prod_{i=1}^{j}(1-e^{-\lambda_i (t-k_i)}),\ l = j,\ k_j < t \le k_{j+1}, \\ \ldots \\ 1-\prod_{i=1}^{n}(1-e^{-\lambda_i (t-k_i)}),\ l = n,\ k_n < t. \end{cases} \qquad (5)$$

В системе (5) l определяет не только число версий, но и интервал времени, в котором применяется конкретная формула.

Для нахождения времени подключения версии k_j необходимо решить уравнение

$$P(k_j) = 1-\prod_{i=1}^{j-1}(1-e^{-\lambda_i (k_j - k_i)}) = R,\ j = \overline{2,n}. \qquad (6)$$

При большом числе версий аналитическое решение уравнения (6) весьма затруднительно, поэтому могут быть использованы численные методы, например метод простой итерации.

Таким образом, для определения надежности ПО в любой момент времени необходимо сначала определить все k_j по формуле (6), а затем воспользоваться соответствующим уравнением системы (5).

Все версии могут обладать различными характеристиками, следовательно, влиять на надежность системы они будут по-разному, поэтому кроме времени подключения версий на надежность системы влияет очередность их использования.

Рассмотрим вероятность отказа системы Q, состоящей из параллельно выполняемых версий. Эта вероятность определяется по формуле [2]

$$Q(t) = \prod_{i=1}^{n} q_i(t), \qquad (7)$$

где q_i – вероятность отказа i-й версии. Вероятность отказа всей системы будет меньше вероятности отказа самой надежной версии (версии с наименьшей интенсивностью отказа):

$$Q(t) \le \min_{1 \le i \le n} q_i(t). \qquad (8)$$

Предположим, что ПО состоит из двух версий с разными интенсивностями отказа. Пусть первая подключаемая версия имеет наибольшую интенсивность отказа. Надежность такой версии снизится до уровня R раньше по сравнению с другой версией. Подключение второй версии увеличивает надежность системы, но со временем вклад первой версии в надежность системы уменьшается. Чем интенсивность отказа первой версии выше, тем быстрее увеличивается вероятность ее отказа. Повышение вероятности отказа согласно формулам (7) и (8) приводит к тому, что Q определяется второй версией, а роль первой версии снижается до минимума.

Другой вариант: первая версия является самой надежной, после достижения уровня R надежность версии будет оставаться достаточно долго на высоком уровне, а это позволит вместе со второй версией поддерживать надежность системы не ниже R дольше, чем в первом случае.

Таким образом, очередность подключения версий должна соответствовать упорядоченному набору версий по возрастанию интенсивности отказа, первой используется версия с минимальной интенсивностью отказа (самая надежная).

Рассмотрим предложенную модификацию NVP метода на примерах.

Пример 1. Пусть программное обеспечение состоит из трех версий, версии имеют интенсивность отказа 0,03; 0,05 и 0,08 соответственно. Заданный уровень надежности $R = 0,7$. Рассчитаем по формуле (6) время подключения каждой версии:

версия 1: $k_1 = 0$;

версия 2:

$$P(k_2) = e^{-\lambda_1 (k_2 - 0)} = 0,7 \rightarrow k_2 = -\frac{\ln 0,7}{\lambda_1} = -\frac{\ln 0,7}{0,03} = 11,89;$$

версия 3:

$$P(k_3) = 1-(1-e^{-\lambda_1 (k_3 - 0)})(1-e^{-\lambda_2 (k_3 - k_2)}) = 0,7 \rightarrow k_3 = 27,276.$$

Рассчитаем по формуле (1), когда надежность системы при стандартной схеме подключения снизится до

заданного уровня. Это время составляет 23,681, а при модифицированной схеме 38,554 (рассчитывается по формуле (5) или (6)), что почти на 15 единиц больше.

Построим по формулам (1) и (5) графики изменения надежности программного обеспечения (рис. 1).

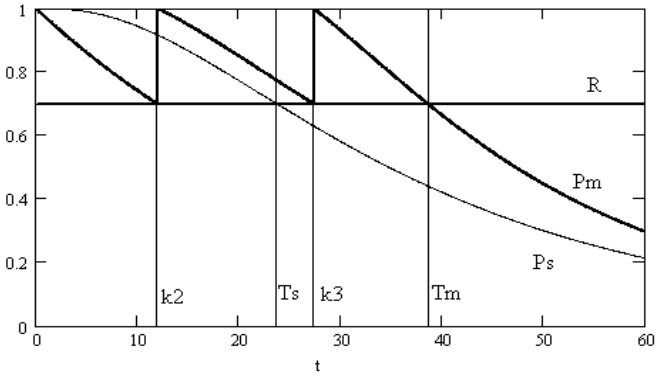


Рис. 1. График надежности ПО с тремя версиями:
Ps – надежность стандартного NVP метода; Pm – надежность модифицированного NVP метода; Ts – время поддержания ПО на заданном уровне (стандартная схема);
Tm – время поддержания ПО на заданном уровне (модифицированная схема)

График надежности наглядно демонстрирует преимущество модифицированного NVP. Хотя на участке времени от 0 до k_2 надежность ПО при модифицированной схеме ниже, чем в обычном случае, но требование по обеспечению заданного уровня надежности R выполняется, кроме того начиная с k_2 надежность выше. Следует также сказать, что кроме времени T увеличивается и наработка на отказ всей системы.

В рассмотренном примере версии включались в порядке увеличения интенсивности отказа. Покажем, что именно такой подход повышает надежность системы.

Пример 2. Пусть ПО состоит из двух версий с интенсивностями отказа 0,03 и 0,08; R = 0,7. Используя модифицированный NVP метод, построим два графика изменения надежности системы. Первый график – для случая, когда первая используемая версия имеет минимальную интенсивность отказа (рис. 2) и второй – когда первая версия имеет максимальную интенсивность отказа (рис. 3).

Хотя надежность второй версии (рис. 2) меньше по сравнению с первой, но включение ее последней обеспечивает повышение надежности на участке t от 12 до 50, далее ее надежность снижается практически до 0, и она уже не влияет на надежность системы.

Надежность программного обеспечения при двух работающих версиях (рис. 3) примерно равна надежности второй версии. Это происходит из-за того, что надежность первой версии на участке времени, когда она работает в паре со второй версией, достаточно мала, и поэтому она оказывает незначительное влияние на общую надежность системы. В данном случае первая версия фактически играет роль только до момента включения второй версии.

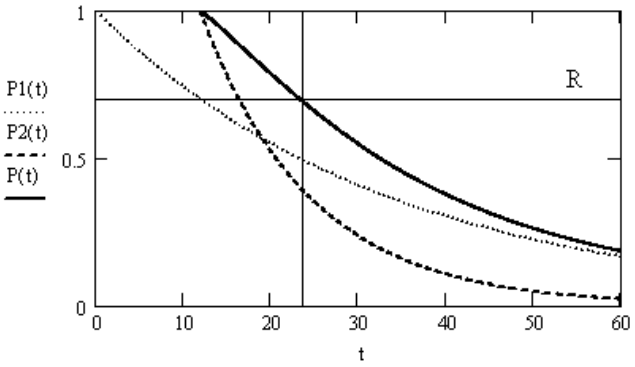


Рис. 2. График надежности ПО с двумя версиями:
P1(t) – изменение надежность версии с л = 0,03; P2(t) – изменение надежность версии с л = 0,08; P(t) – изменение надежность ПО ($л_1$ = 0.03, $л_2$ = 0,08)

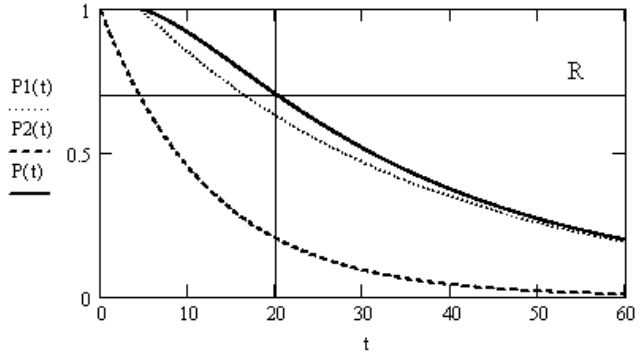


Рис. 3. График надежности ПО с двумя версиями:
P1(t) – изменение надежность версии с л = 0,08; P2(t) – изменение надежность версии с л = 0,02; P(t) – изменение надежность ПО ($л_1$ = 0,08, $л_2$ = 0,03)

Таким образом, предложенная модификация NVP архитектуры обеспечивает увеличение времени, в течение которого надежность программного обеспечения не ниже заданного уровня. Данный метод включения версий может быть применен не только для невосстанавливаемых компонентов, но и для стандартного варианта NVP архитектуры.

Библиографический список

1. Соммервилл, И. Инженерия программного обеспечения / Иан Сомервилл ; пер. с англ. А. А. Минько, А. А. Момотюк. 6-е изд. М. : Вильямс, 2002. 624 с.

2. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. 2-е изд., перераб. и доп. СПб. : БХВ-Петербург, 2006. 704 с.

A. V. Novoy

MODIFICATION OF NVP ARCHITECTURE WITH NONRESTORABLE COMPONENTS

Features N-version programming are considered. Modification of NVP architecture for the purpose of reliability increase is offered. The modified architecture advantages are shown.

УДК 004.832.3

Л. В. Найханова, Г. А. Хомонов

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ РЕЗОЛЮТИВНОГО ВЫВОДА

Рассмотрены проблемы построения системы резолютивного логического вывода, обладающей эффективными алгоритмами поиска решений. Создание эффективной эвристики основано на эволюционной стратегии. Система логического вывода построена в виде конечного автомата по технологии автоматного программирования.

Решение задач резолютивного вывода сводится к поиску наилучшего пути решения. При этом сложность поиска возрастает экспоненциально по мере продвижения по дереву вывода. Поэтому при решении задач, характеризующихся экспоненциальным ростом пространства поиска, особое значение приобретает проблема эффективности процедур поиска. Вследствие этого авторы предлагают использовать эволюционную стратегию [1] для генерации наиболее эффективной эвристики для заданной выборки множества дизъюнктов.

Для реализации решения задач естественно-языковой обработки научных текстов выбраны декларативные методы в виде систем продукций. Это обосновывается тем, что декларативные методы можно уточнять и совершенствовать в процессе их функционирования, так как модели решения задач естественно-языковой обработки пока еще далеки от совершенства.

После ряда преобразований каждый метод представляется в виде множества дизъюнктов. Активация метода осуществляется по сфере применимости системы продукций. Ядром аппарата активации является система логического вывода. Работа активированной системы продукций (метода естественно-языковой обработки) заключается в доказательстве входной гипотезы d_0 на множестве дизъюнктов метода. Для доказательства истинности или ложности гипотезы d_0, описывающей входную ситуацию, используется модифицированный метод линейной резолюции Лавленда, Ковальского и Кюнера [2].

Таким образом, имеем семейство множеств дизъюнктов $M = \{M_i | I = 1..n$, n – количество методов$\}$. Назовем множество дизъюнктов метода выборкой. Тогда задача состоит в том, чтобы для каждой выборки $M_i \in M$ сгенерировать конечный автомат, позволяющий осуществлять резолютивный вывод и обладающий высокой эффективностью именно для конкретной выборки.

Модель системы резолютивного вывода. Модель системы резолютивного вывода LogRezDed построена в виде конечного автомата Мура и определяется двойкой основных компонентов:

A = <StaticLogRezDed, DinamicLogRezDed >.

Статический компонент StaticLogRezDed описывается кортежем StaticLogRezDed = <State_S, Act_S>, где State_S и Act_S – это соответственно вектора статистических состояний и действий автомата. StaticLogRezDed одинаков для всех реализуемых методов и проектируется сразу в инструментальной системе UniMod, поддерживающей технологии автоматного программирования [3; 4].

Динамический компонент также определяется двойкой основных компонентов: DinamicLogRezDed = <State_D, Act_D>, где State_D, Act_D – генерируемые состояния и действия автомата. DinamicLogRezDed зависит от решаемой задачи (реализуемого метода), и для его построения используется эволюционная стратегия.

Вектор статических состояний представляет собой шестерку State_S = <Select_C, Select_B, Destructor, Set_Flags, Resolution>. В каждом их этих состояний выполняются действия, принадлежащие множеству Op_S:

1) Select_C – состояние, в котором выполняется загрузка центрального дизъюнкта;

2) Select_B – состояние, в котором выполняется загрузка бокового дизъюнкта;

3) Destructor – состояние, в котором выполняется сортировка множества контрарных пар (боковых дизъюнктов);

4) Set_Flags – состояние, в котором выполняется сортировка множества центральных дизъюнктов;

5) Resolution – состояние, в котором выполняется ряд действий:

– проверка дизъюнктов на унифицируемость;

– склейка дизъюнктов;

– обрамление литер;

– удаление обрамленных литер;

– проверка на редуцируемость и достижимость пустого дизъюнкта;

– проверка на вывод пустого дизъюнкта.

DinamicLogRezDed строится на основании сгенерированной модели автомата (особи популяции), содержащей динамические состояния. В этих состояниях происходит оценка дизъюнктов во множествах, на основе которой выполняется выбор бокового и центрального дизъюнктов.

На базе статических и динамических состояний формируется автомат, исполняемый в среде UniMod. Данная среда используется для проверки достижимости конечного состояния и расчета Fitness-функции. Разделение автомата на статический и динамический компоненты упрощает процесс генерации эффективной эвристики.

Генерация динамического компонента автомата. *Основные положения генетического алгоритма.* За основу взяты следующие положения:

1. Автомат (особь) представляется в виде хромосомы.

2. Хромосома состоит из динамического набора молекул ДНК двух видов *X* и *Y*, множество молекул *X* предназначено для выбора центрального дизъюнкта, множество *Y* – бокового дизъюнкта.

3. Молекулы ДНК как первого, так и второго множества должны составлять замкнутую цепочку переходов.

4. Молекулы ДНК не должны повторяться в особи.

5. Молекула ДНК состоит из трех генов.

6. Каждый ген представляется в виде целого числа.

7. Первая популяция $P(0)$ генерируется случайным образом, при этом значения каждого гена выбирается из соответствующей области допустимых значений.

8. Каждое новое поколение $P(t)$ генерируется при помощи оператора кроссинговера. Родительские пары выбираются оператором репродукции по методу заданной шкалы.

9. В каждой новой хромосоме повторяющиеся молекулы, если таковые есть, подвергаются мутации.

10. Все повторяющиеся хромосомы из популяции удаляются.

11. Оценивание хромосом и их ранжирование осуществляются на основе использования внешнего для генетического алгоритма объекта – инструментальной системы UniMod.

Структура хромосомы. Хромосома состоит из динамического количества молекул ДНК. Структура молекулы состоит из трех генов (рис. 1):

– символ перехода, интервал значений которого лежит в диапазоне от 1 до 3;

– новое состояния, интервал значений которого для молекул вида *X* лежит в диапазоне от 1 до 11, а для молекул типа *Y* – от 12 до 21;

– текущее состояние, интервал значений которого для молекул вида *X* лежит в диапазоне от 0 до 10, а для молекул типа *Y* – от 13 до 22.

Рис. 1. Структура молекулы ДНК

Абстрактный пример структуры хромосомы приведен на рис. 2.

Первичные правила проверки хромосом на корректность, применяемые при создании новой популяции следующие:

– во множестве молекул типа *X* должна присутствовать, по крайней мере, одна молекула, имеющая значение 2-го гена равное 11 (конечное состояние);

– во множестве молекул типа *X* должна присутствовать, по крайней мере, одна молекула, имеющая значение 3-го гена равное 0 (начальное состояние);

– во множестве молекул типа *Y* хромосомы должна присутствовать, по крайней мере, одна молекула, имеющая значение 2-го гена равное 22 (конечное состояние);

– во множестве молекул типа *Y* хромосомы должна присутствовать, по крайней мере, одна молекула, имеющая значение 2-го гена равное 13 (начальное состояние).

Схема генетического алгоритма. Алгоритм включает следующие основные процессы:

1) инициализация входного множества дизъюнктов (класс InitDis);

2) создание начальной популяции $P(0)$:

а) формирование особи случайным образом;

б) проверка выполнения первичных правил на наличие в хромосоме начального и конечного состояний;

в) мутация некорректных молекул непосредственно при генерации популяции (класс Run);

3) формирование популяции выполнимых автоматов:

а) оценка автоматов на выполнимость (класс Run);

б) переход к п. 4, если все особи прошли проверку, иначе – к следующему пункту;

в) удаление из популяции особей, не прошедших проверку;

г) селекция, скрещивание и мутация автоматов, не прошедших проверку, и переход к п. 3 а);

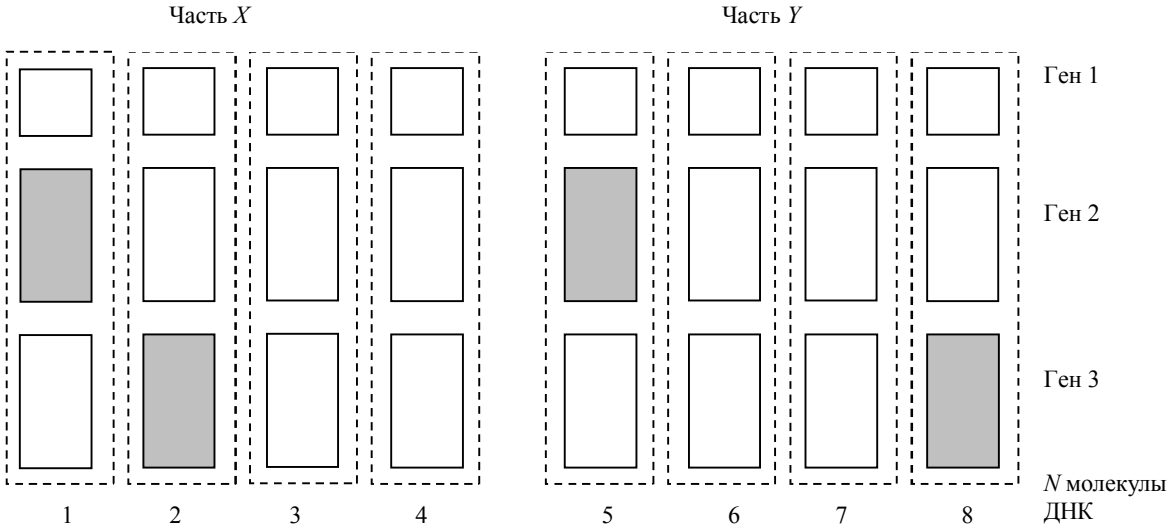


Рис. 2. Пример структуры хромосомы

Примечание: серым цветом закрашены гены, содержащие начальное и конечные состояния.

4) преобразование каждой особи (модели динамической части автомата) популяции в XML-описание автомата;

5) загрузка XML-описания и прогонка автомата (класс Run RunHromosome);

6) анализ результатов работы автоматов на вывод пустого дизъюнкта при заданной глубине (если получен пустой дизъюнкт, то особь считается корректной);

7) удаление некорректно работающих особей из популяции;

8) расчет fitness-функции для корректных автоматов на основе информации о количестве успешных унификаций

9) останов, если значение fitness-функции достигнет или превысит 0,9;

10) создание новой популяции выполнимых автоматов:

а) селекция, скрещивание и мутация автоматов, не прошедших проверку, и переход к п. 3 а);

б) оценка автоматов на выполнимость посредством стандартных функций UniMod Framework (класс Run);

в) удаление из популяции особей, не прошедших проверку;

г) переход к п. 4, если все особи прошли проверку, иначе – к п. 10 а).

Оценивание. Оценивание состоит из двух этапов: оценки автоматов на выполнимость и оценки приспособленности особей.

Оценка автоматов на выполнимость осуществляется с помощью стандартных функций UniMod и заключается в проверке:

– на наличие ошибок в объектном коде;

– наличие ошибок в автоматах;

– достижимость конечного состояния.

Для проверки объектного кода применяется класс DefaultCompilationListener, объект которого создан в классе Run. В конструктор класса подается откомпилированная модель автомата (объект класса StateMachineCompiler), после чего вызывается функция getErrors(), которая сообщает о наличии ошибок в модели.

Проверка на наличие ошибок в автоматах осуществляется с помощью функций validateStructure() и getAttainableStates() класса StateMachineValidator, которые верифицируют структуру автомата (наличие противоречивых переходов).

Проверка достижимости конечного состояния осуществляется посредством функции getName() класса StateMachineValidator, возвращающей имя нового состояния. Если условие getName() = «finish» не выполнится ни разу, то построенный автомат является некорректным.

Если при проверке особи обнаружена некорректность, то ей назначается штраф $b(a) = -1$, где a – особь популяции. Если особь корректна, то $b(a) = +1$. Таким образом, оценка i-й хромосомы вычисляется по следующей формуле:

$$F_1(a_i) = \sum_{j=1}^{m} b_j(a_i),$$

где m – количество ошибок;

$$b_j(a_i) = \begin{cases} +1, \text{ если ошибок нет,} \\ -1, \text{ если обнаружена ошибка.} \end{cases}$$

Все хромосомы, у которых $F_1(a_i) < 0$, удаляются из популяции.

Оценка приспособленности особей или расчет Fitness-функции осуществляется по формуле оценки

$$F_2(a_i) = 10(\alpha - U(a_i)) + 1/k_1(a_i) + 1/k_2(a_i) + 1/k_3(a_i),$$

где a_i – текущая особь; α – константа, определяющая максимально возможное количество унификаций; $U(a_i)$ – количество успешных унификаций; $k_1(a_i)$ – среднее количество литер во множестве центральных дизъюнктов C; $k_2(a_i)$ – среднее количество необрамленных литер во множестве C; $k_3(a_i)$ – соотношение средней арности термов к количеству константных символов в них.

Константа α зависит от конкретной выборки, и ее значения лежат в интервале [100, 1000]. Особи ранжируются в соответствии со значением $F_2(a_i)$. Особи, обладающие высоким значением Fitness-функции, остаются в популяции, ранжируются в соответствии со значением $F_2(a_i)$ и составляют множество, из которого оператором селекции родительские хромосомы выбираются для скрещивания.

Основные генетические операторы. *Оператор мутации*. Используется двухточечный оператор мутации. Каждое значение, генерируемое оператором, должно соответствовать правилам формирования молекул X, Y (рис. 3).

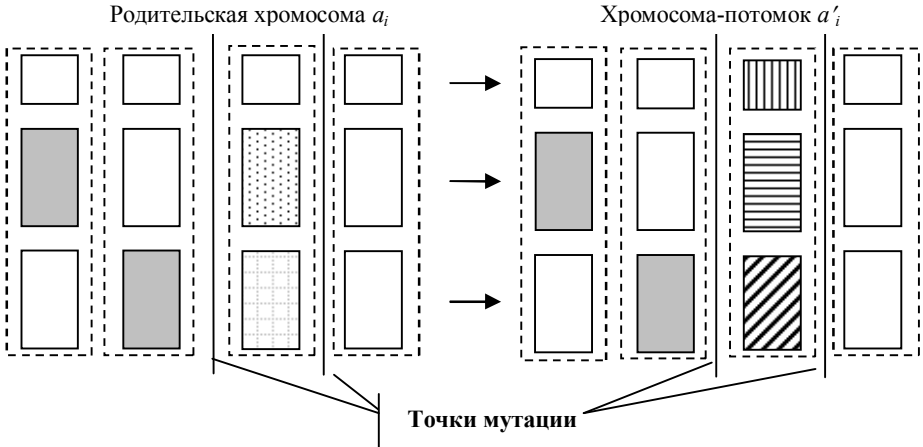


Рис. 3. Пример оператора мутации

Оператор мутации не применяется к молекулам, содержащим начальное и конечное состояния. Из этого следует, что в хромосоме изображенной на рис. 3 к области выбора молекул ДНК для мутации относятся 3-я и 4-я молекулы. После применения оператора мутации в п. 2 генетического алгоритма модифицируется молекула хромосомы, а в п. 10 – создается новая хромосома.

Оператор кроссинговера. В алгоритме используется двухточечный оператор кроссинговера. У особи родителей a_1 и a_2, имеющей меньшую длину, случайным образом выбираются две позиции: одна в части молекул типа X и вторая в части молекул типа Y. В потомок a'_1 копируются молекулы ДНК хромосомы a_1 с начала до первой точки кроссинговера, затем молекулы ДНК хромосомы a_2 с первой точки кроссинговера до конца части молекул типа X, затем молекулы ДНК хромосомы a_1 с начала части молекул типа Y до второй точки кроссинговера, затем молекулы ДНК хромосомы a_2 со второй точки кроссинговера до конца. Потомок a'_2 формируется в инверсном порядке.

Если в результате операции из хромосомы потомка выпадают гены, содержащие начальное или конечное состояния, то молекулы одного из родителей, содержащие их, также копируются в эту хромосому. В случае если у потомка оказалось более двух генов, содержащих начальное состояние, одна из молекул, содержащих это состояние, удаляется.

При генерации первой популяции после операции редукции выполняется оператор кроссинговера для заполнения поколения необходимым количеством особей. В том случае, если применение оператора невозможно (после редукции осталась одна особь, или сгенерированы все возможные недублирующиеся хромосомы), используется оператор мутации.

Пример модели автомата. Как было изложено выше, система LogRezDed состоит из StaticLogRezDed, DinamicLogRezDed. Вид автомата, сформированный средой Unimod по модели автомата, сгенерированной генетическим алгоритмом для выборки – множества дизъюнктов по классической задаче Стимроллер [5] показан на рис. 4.

Состояния StaticLogRezDed: Select_C – состояние, в котором выполняется загрузка центрального дизъюнкта; Select_B – состояние, в котором выполняется загрузка бокового дизъюнкта; Destructor – состояние, в котором выполняется сортировка множества контрарных пар (боковых дизъюнктов); Set_Flags – состояние, в котором выполняется сортировка множества центральных дизъюнктов; Resolution – резольвирование первых дизъюнктов во множествах центральных и боковых дизъюнктов.

Состояниям DinamicLogRezDed (генерируемые генетическим алгоритмов) соответствуют состояния s8...s15 (рис. 4). В этих состояниях происходит оценка боковых и центральных дизъюнктов. Для оценки дизъюнктов используются следующие характеристики:

– количество литер в дизъюнкте;

– количество обрамленных литер в дизъюнкте;

– количество констант в контрарной литере дизъюнкта;

– количество функциональных символов в контрарной литере дизъюнкта;

– соотношение мощности вершины графа контрарных пар к другим вершинам;

– соотношение средней длины дизъюнкта к средней длине вершины множества;

– соотношение количества переменных в определенном месте предиката к среднему количеству в контрарном множестве в той же позиции и т. д.;

– способы унификации дизъюнктов (применением индексирования и без него).

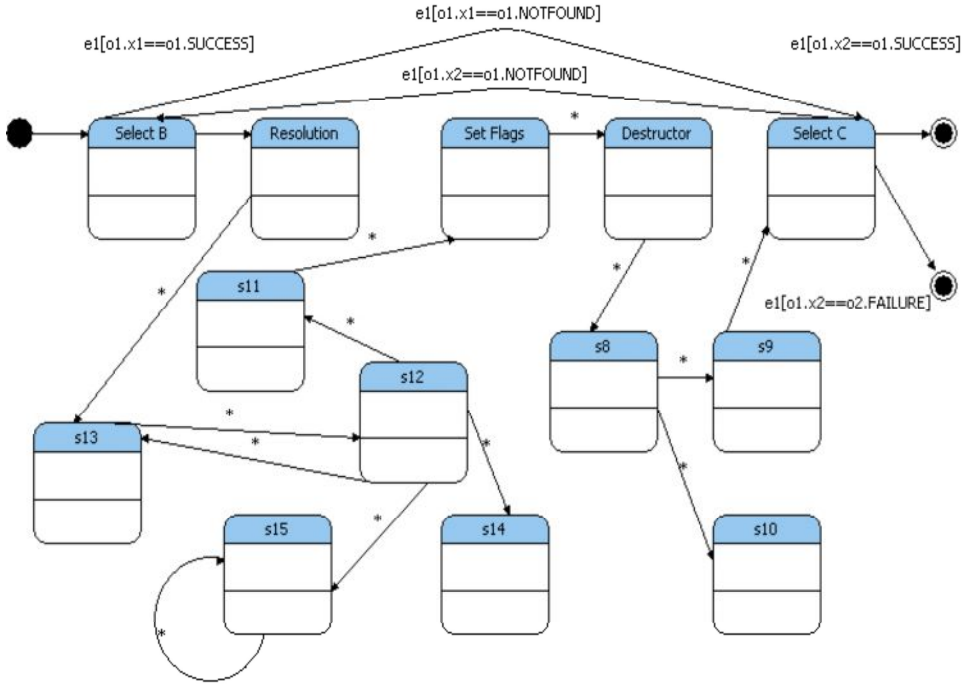


Рис. 4. Диаграмма состояний автомата

Алгоритмы ранжирования множеств дизъюнктов представляются в виде вложенных конечных автоматов. Каждый автомат имеет действия в состояниях, соответствующие операциям склеивания дизъюнктов и ранжирования множеств дизъюнктов.

В начальном состоянии любой автомат выполняет следующие действия:

– загружает и индексирует входное множество дизъюнктов;

– составляет граф контрарных пар;

– загружает дизъюнкты в соответствии с их контрарными парами.

У автомата нет действий на переходах, но действия привязаны к каждому конкретному состоянию.

Тестирование алгоритма проводилось на входном множестве дизъюнктов мощностью равной 25 [5]. При прогоне модели автомата в среде UniMod на первой популяции размером в тысячу особей было получено два автомата. Первый автомат удовлетворял всем условиям, но им не был найден пустой дизъюнкт. Второй автомат вывел пустой дизъюнкт при глубине поиска равной 5. В последующих популяциях были сгенерированны модели автоматов, из которых можно было выбрать наиболее эффективный посредством ранжирования особей популяции по возрастанию значений их fitness-функций.

Таким образом, предложена модель автомата, которая является универсальной по отношению к алгоритмам резолютивного вывода. Она содержит состояния, общие для всех алгоритмов и специальные для конкретных алгоритмов. Генетический алгоритм позволяет генерировать состояния для конкретных автоматов. Используются такие критерии, как среднее количество необрамленных и обрамленных литер в дизъюнктах, средняя арность термов аргументов предиката, среднее количество константных и функциональных символов, количество успешных унификаций и т. д., которые способны повлиять на выбор дизъюнктов на определенном шаге резольвирования в различных сочетаниях и различной последовательности. Это позволяет в ходе эволюции выявлять наиболее эффективные автоматы для предметной области задачи, в которой работает алгоритм резолютивного вывода.

Библиографический список

1. Гладков, Л. Д. Генетические алгоритмы / Л. Д. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик ; под ред. В. М. Курейчика. 2-е изд., испр. и доп. М. : Физматлит, 2006. 320 с.

2. Чень, Ч. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Ч. Чень, Р. Ли ; под ред. С. Ю. Маслова. М. : Наука, 1983. 360 с.

3. UniMod [Электронный ресурс] Электрон. дан. Режим доступа: http://unimod.sourceforge.net/. Загл. с экрана.

4. Шалыто, А. А. Автоматно-ориентированное программирование / А. А. Шалыто // Фундаментальные исследования в технических университетах : материалы IX Всеросс. конф. по проблемам науки и высшей школы. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. С. 44–52.

5. Вагин, В. Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В. Н. Вагин [и др.] ; под ред. В. Н. Вагина, Д. А. Поспелова. М. : Физматлит, 2004. 704 с.

L. V. Naykhanova, G. A. Khomonov

THE USE OF THE GENETIC PROGRAMMING IN THE PROBLEM OF THE AUTOMATA-BASED RESOLUTIVE DEDUCTION MODELS BUILDING

It is considered the building of the resolutive logical deduction systems possessing effective problem-solving algorithms. Building of effective heuristics is based on the evolution strategy. The logical deduction system is realized as a finite state machine on the basis of the automata-based programming.

УДК 621.3.049

Г. Г. Крушенко, С. Н. Решетникова, К. К. Цау

НЕКОТОРЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Описаны некоторые возможные последствия применения нанотехнологий в различных областях.

В последние годы появилась новая многоплановая отрасль науки и техники, рассматриваются объекты, размеры которых укладываются в интервал от 1 до 100 нм (1 нм = 10^{-9} м, что соответствует размеру молекулы; «nano» по-гречески означает «карлик, гном» [1]). Вещества, имеющие такие размеры, обладают свойствами, существенно отличающимися от свойств одноименных материалов в массивном состоянии. В любой производительной сфере (от лекарственных препаратов до космической техники) получаемые из них или с их применением материалы обладают комплексом свойств, недостижимых для обычных материалов. В связи с этим в настоящее время бурно развивается отрасль, называемая нанотехнологии, которая включает сотни разнообразных технологий.

Нанотехнологии – это совокупность химических, физических или искусственных биологических процессов, позволяющих контролировать операции с нанообъектами, формирующими те или иные материалы, устройства или технические системы. Особенностью нанотехнологий является широкое использование процессов самоорганизации, которые могут в сложно организованной системе привести к формированию необходимых упорядоченных структур (наноструктур), проявляющих требуемые практически важные (функциональные) свойства.

Президент Российского научного центра «Курчатовский институт» академик Е. Велихов заявил: «Сейчас вопрос стоит не просто о нанотехнологиях. Речь идет о том, что сегодняшнее состояние развития экономики, энергетики, окружающей среды таково, что если мы не перейдем к нанотехнологиям в целом, то у нас нет шансов выжить на этой планете».

Правительства многих стран, особенно развитых, считают, что наноиндустрия может стать одним из важных факторов экономического роста. Коммерциализация нанотехнологий станет ключевым компонентом экономического роста и средством реструктуризации национальных экономик в стратегических отраслях. По оценкам аналитиков из Нью-йоркской консультативной фирмы Lux Research, произведенные с использованием нанотехнологий продукты приносят в настоящее время среднюю ценовую премию в 11 % по сравнению с сопоставимыми обычными продуктами. Ожидается, что в 2014 г. стоимость произведенных в мире товаров с включением нанотехнологий составит 2,6 трлн долл., или 15 % от совокупного мирового выпуска продукции.

Известный инвестиционный банк Merill Lynch (Швейцария) в 2004 г. ввел нанотехнологический индекс, символизируя интерес Уолл-Стрита к перспективам нанотехнологий, а 19 из 30 крупных компаний, включенных в промышленный индекс Нью-Йоркской фондовой биржи Dow Jones, уже приняли свои нанотехнологические инициативы [2].

Перспективный экономический анализ в области нанотехнологий целесообразно строить, используя так называемые стоимостные цепи. При этом цепь добавленной стоимости можно представить в виде трех стадий, пронизывающих многие отрасли:

I стадия – наноматериалы: наномасштабные структуры в необработанном виде (наночастицы, квантовые точки, фуллерены, нанотрубки, дендримеры – сверхразветвленные трехмерные высокомолекулярные соединения регулярного строения – идеальные строительные блоки для бионанотехнологии и др.);

II стадия – промежуточные продукты: полуфабрикаты с наномасштабными свойствами (покрытия, ткани, чипы памяти, оптические компоненты, фармацевтические материалы, сверхпроводящие провода и др.);

III стадия – продукты на основе нанотехнологий: конечные товары, включающие нанотехнологии (автомобили, самолеты, компьютеры, изделия бытовой техники, приборы, лекарства, одежда, пищевые продукты и др.).

На основе анализа стоимостных цепей специалисты из Lux Research показали, что для стратегических инвесторов выгоднее сосредоточить внимание на приложениях, находящихся в средней части таких цепей как наиболее прибыльных.

Существует общая модель создания стоимостной цепочки, которую как основу организации можно использовать в составляющей внутренних бизнес-процессов [3].

Стоимостная цепочка начинается с инновационных процессов – выявления настоящих и будущих потребностей клиентов и способов их удовлетворения; продолжается в операционных процессах – доставке товаров и услуг существующим клиентам (этот процесс рассматривается как центр системы показателей деятельности предприятия); и заканчивается послепродажным сервисом, т. е. предложением послепродажного обслуживания, которое увеличивает стоимость товаров и услуг, полученных от поставщика.

В настоящее время США являются ведущими в мире в области наноисследований [4]. В 2005 г. федеральное правительство израсходовало на развитие нанотехнологий 1 млрд долл., а корпорации и инвесторы – около 4 млрд долл. При этом на рынке присутствует различной нанопродукции на сумму 13 млрд долл., а ожидаемое ее количество к 2014 г. может быть оценено в 2,6 трлн долл.

Оборот мирового рынка нанопродукции в 2001 г. составил около 45 млрд долл., а по прогнозам через 10–15 лет ежегодный оборот этого рынка составит около 1 трлн долл.

В докладе на международной конференции ЮНЕСКО, посвященной роли науки в XXI в., сотрудник Institute for global futures Дж. Кэнтон прогнозирует, что в третьем тысячелетии добьются успеха и процветания те общества, которые сумеют лучше организовать социальные системы, связанные с нанотехнологиями (организация, обучение, развитие) [5]. Использование нанотехнологий может привести к экономии времени, получению больших благ за меньшую цену и повышению уровня жизни. Сочетание нанотехнологий с такими достижениями XXI в., как компьютеры, сети и биотехнологии, создаст новые возможности, которые человеческое общество не знало за всю свою историю.

По мнению Дж. Кэнтона, использование нанотехнологий должно привести к существенным переменам в общественной жизни, в частности:

– сформируется новая экономика, основанная на нанотехнологиях и нанопродуктах; новой парадигмой развития станет наноинженерия, а мировой бизнес превратится в нано-бизнес;

– основанная на нанотехнологиях экономика существенно изменит условия работы и продвижения по службе; при этом работа в будущем будет связана не столько с производством продуктов, сколько с обслуживанием и применением знаний;

– нанотехнологии изменят глобальную экономическую ситуацию спроса и предложения, что приведет к большему разнообразию в выборе образа жизни и занятий;

– быстрое развитие нанопромышленности потребует коренных изменений в системе образования, вследствие чего будут пересмотрены образовательные

программы по многим научным и инженерным специальностям;

– появятся новые лекарственные препараты и диагностичесое оборудование; медицинское обслуживание станет более дешевым, доступным и эффективным;

– наноэнергетика сделает мир экологически более чистым и позволит более эффективно использовать природное топливо; будут созданы новые типы двигателей, топливных элементов и транспортных средств.

В нашей стране проблеме нанотехнологий также уделяется большое внимание. Так, среди 34 технологий, приведенных в Перечне критических технологий Российской Федерации, утвержденном Президентом Российской Федерации В. Путиным 21 мая 2006 г. (Пр-842), названы «нанотехнологии и наноматериалы», которые в то же время являются составными частями и целого ряда других перечисленных в Перечне технологий.

Согласно Концепции федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.», утвержденной распоряжением Правительство Российской Федерации от 6 июля 2006 г. № 977-р, выделены приоритетные направления развития науки, технологий и техники в РФ и не дублирующие приоритеты НИОКР иных федеральных целевых программ технологического профиля: живые системы, индустрия наносистем и материалы, информационно-телекоммуникационные системы, рациональное природопользование, энергетика и энергосбережение.

Наконец, 19 июля 2007 г. Президент РФ В. Путин подписал Федеральный закон № 139 «О Российской корпорации нанотехнологий» – ГК «Роснанотех», целью которой является содействие реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и наноиндустрии.

Уже в 2007–2008 гг. из федерального бюджета в уставный фонд корпорации будет направлено 130 млрд руб., а до 2015 г. ее капитал может вырасти до 200 млрд руб. Эти деньги будут направлены на финансирование НИОКР в сфере нанотехнологий, а также проектов на их внедрение в промышленности.

Относительно перспектив развития нанотехнологий в различных отраслях следует привести точку зрения замдекана факультета науки о материалах МГУ, члена-корреспондента РАН, доктора химических наук Е. А. Гудилина [6], согласно которой в настоящее время становится очевидным, что PR-акции различных СМИ в отношении нанотехнологий в ряде случаев, привели к негативным последствиям. Единственно верным, беспроигрышным и надежным решением является развитие «нанообразования», включая все его компоненты – ликвидацию безграмотности основной части населения в отношении нанотехнологий и борьбу с возникающей «нанофобией» (а также, напротив, с эйфорическим преувеличением перспектив нанотехнологий), научную популяризацию основ и основных достижений в области нанотехнологий, систематическую профориентацию школьников, абитуриентов, бакалавров, магистров, аспирантов, развитие инноваций форм образования. Немаловажным также является поддержка российских нанотехнологичесих журналов, обеспечение высокого уровня статей (экспертизы, перевода), доступности журналов, повышения их престижа и рейтинга для мирового научного сообщества.

Стратегически (и даже тактически) развитие нанотехнологий теснейшим образом связано с развитием системы подготовки и целенаправленного воспроизводства высококвалифицированных кадров нового поколения. Для успешной реализации нанотехнологического проекта абсолютно необходим стабильно функционирующий механизм подготовки научных кадров, причем далеко не только инженерного, но и, в основном, фундаментального профиля. Именно это должно обеспечить перспективу устойчивого развития нанотехнологий в РФ, и без этого Россия останется зависимой от Запада даже при экстраординарно больших капиталовложениях непосредственно в «отрасть нанотехнологий».

Развитие образовательной составляюшей нанотехнологий призвано также решить несколько других приоритетных задач. Одна из них – формирование устойчиво положительного общественного мнения о наноматериалах и нанотехнологиях. В свою очередь, положительное общественное мнение мотивирует выбор молодых исследователей в области дальнейшей карьеры и научно-исследовательской деятельности. С политической точки зрения создание сильных федеральных образовательных центров в области нанотехнологий способно повысить авторитет РФ в целом на международном уровне, особенно в условиях завершения процесса присоединения к Болонскому соглашению. Дополнительным эффектом от создания таких сертифицированных центров будет уменьшение оттока «мозгов» из РФ и приток слушателей из стран Азии, Европы, Китая и СНГ, что укрепит международное сотрудничество в области образования и науки, а также обеспечит контингент высококлассных специалистов для нанотехнологической отрасли, включая развитие малого, среднего бизнеса и start-up (англ. «запускать») компаний (стартап-компания – недавно созданная компания, возможно, еще не зарегистрированная официально, но планирующая стать таковой, не вышедшая на рынок или едва начавшая на него выходить и обладающая ограниченным набором ресурсов) и пр.

Развитие «нанообразования» и подготовки кадров будет, очевидно, способствовать также эффективному функционированию центров трансфера технологий и технопарков, которые являются удачным механизмом превращения фундаментальных научных идей в защищенную интеллектуальную собственность и конкурентоспособные высокотехнологичные изделия.

19 декабря 2007 г. состоялось научная сессия Общего собрания РАН, на которой среди других вопросов обсуждали и развитие нанотехнологий [7]. С докладом «О программе Российской академии наук в области нанотехнологий» выступил академик РАН, лауреат Нобелевской премии, Ж. Алферов. Он сообщил,

что Постановлением Президиума РАН № 163 от 26 июня 2007 г. была создана Комиссии РАН по нанотехнологиям, в которую входят следующие секции: физика наноструктур, наноэлектроника, наноматериалы, нанобиотехнологии, нанодиагностика и образование.

Необходимые финансовые средства на осуществление данной программы по нанотехнологиям, по оценкам экспертов РАН, приведены в таблице.

Необходимое финансирование программы по нанотехнологиям

Область науки	Количество заявок	Стоимость НИР (млн руб.)	Капиталовложения (млн руб.)
Физика наноструктур	172	6,370	4,280
Наноэлектроника	326	8,340	5,230
Наноматериалы	329	16,460	1,190
Нанобиотехнологии	–	3,800	–
Нанодиагностика	147	18,000	45,000
Образование	–	17,920	14,040
Всего	974	70,890	69,740

Ж. Алферов дал краткий экскурс в цели и задачи исследований по каждой из секций. Он констатировал, что у научных школ СССР, а теперь и России, есть большой научный потенциал в области нанотехнологий.

В заключение академик рассказал о предложениях по секции «Образование», которую он считает одной из самых важных. Ее цель – обеспечить академическую, вузовскую, отраслевую науку, высокотехнологичные инновационные компании, предприятия индустрии, специализирующиеся в области наноматериалов и нанотехнологий, высококвалифицированными кадрами.

Современный исследователь в области наноструктур должен обладать квалификацией кандидата наук и знаниями не только в своей, но и в пограничных областях исследования. Основными принципами обучения в аспирантуре должны стать меж- и мультидисциплинарность (термины из концепции ректора МГУ, академика Садовничего). Для этого российские университеты должны создать настоящие graduate schools по примеру хороших западных, а длительность обучения в аспирантуре следует увеличить до 4 лет. В качестве примеров вузов, где уже проводится обучение будущих нанотехнологов, Ж. Алферов назвал виртуальный научно-образовательный центр МГУ, объединяющий химический, физико-химический, биологический и другие факультеты, а также Санкт-петербургский физико-технологический научно-образовательный центр.

Как следствие доклада Алферова, академики проголосовали за то, чтобы переименовать Отделение информационных технологий и вычислительной техники в Отделение нанотехнологий и информационных технологий (под руководством Президента Курчатовского института академика Е. Велихова).

Что касается социальной сферы, то, возможно, бурное развитие нанотехнологий и приведет к такому состоянию общества, которое предсказывал известный американский экономист, автор двенадцати книг по вопросам воздействия научно-технического прогресса на экономику Дж. Рифкин в книге «Конец работе: сокращение рабочей силы в глобальном масштабе и начало послерыночной эры» [8]. На основании проведенного анализа результатов деятельности современного мирового хозяйства он делает вывод о том, что научно-технический прогресс ведет к гигантскому повышению производительности труда – в промышленности в результате широкого внедрения автоматизации и роботизации, а в сферах услуг и управления – за счет внедрения вычислительной техники (компьютеризации и роботизации). Например, по расчетам Международной федерации рабочих-металлистов при сохранении нынешней тенденции уже через 30 лет в мире останется не более 2 % от нынешней численности занятых, но при этом они смогут полностью обеспечить все потребности материального производства во всех странах. Можно с уверенностью считать, что значительную роль в этом сыграет развитие нанотехнологий в различных отраслях.

Весьма перспективно применение нанотехнологий не только в технике, но и в здравоохранении. Так, исследователи из Технологического института Джорджии обнаружили, что вода в наномасштабе приобретает новые свойства – при пропускании через каналы диаметром менее двух нанометров становится очень вязкой, приобретая тем самым новые свойства. По словам ученых, эти исследования помогут понять процессы, происходящие, например, в живых клетках при прохождении веществ через наноканалы, что может быть важным для фармацевтических и биологических исследований.

Исследователи из института БиоНанотехнологий при Северозападном университете продемонстрировали регенерацию спинного мозга парализованной мыши, благодаря которой подопытное животное снова обрело подвижность [9]. Методика, использованная учеными, заключалась в применении специальных молекул, которые после инъекции агрегировались в нанокомпозит, включающий механизмы саморепарации нейронов. Молекулы лекарства, собирающиеся в нановолокна, способствующие регенерации, могут привести к очередной революции в фармацевтике, заменив традиционный метод терапии с помощью целевой доставки лекарств. Ученые считают, что терапия стволовыми клетками и наноматериалами сможет эффективно бороться с болезнями Альцгеймера и Паркинсона. Возможно, в будущем может быть создана медицинская терапия, основанная на включении механизмов самостоятельного восстановления почек, сердца, печени.

Фототермическое разрушение клеток в настоящее время является перспективным направлением как при терапии рака, так и в лечении инфекционных заболеваний. Суть явления такова: наночастицы золота имеют максимум поглощения в ближней инфракрасной области и при облучении соответствующим светом сильно разогреваются. Если они при этом находятся внутри или вокруг каких-либо клеток (чего можно добиться путем конъюгации золотых частиц с антителами или другими молекулами), то эти клетки погибают [10].

При лечении инфекционных заболеваний все более актуальной становится проблема устойчивости патогенных организмов к антибиотикам. Например, синегнойная палочка Pseudomonas aeruginosa – широко распространенный и довольно неприятный паразит, который поражает (и часто – даже со смертельным исходом!) практически любые ткани ослабленного организма, обладает устойчивостью к очень широкому спектру антибиотиков. Некоторые штаммы этой бактерии вообще не чувствительны ни к одному из применяемых антибиотиков, поэтому обычные методы лечения оказываются недейственными.

Исследователи из университета Южной Каролины (США) решили, что здесь на помощь могут прийти наночастицы золота и фотодинамическая терапия. Ученые синтезировали золотые нанопалочки размером 68 нм в длину и 18 нм в диаметре, максимум поглощения для которых наблюдается при длине волны около 785 нм, и ковалентно пришили к этим палочкам антитела к синегнойной палочке. Такие частицы были добавлены к клеткам, после чего клетки облучили лазером (785 нм, 50 мВ) в течение 10 мин. Оказалось, что в результате выжило лишь 25 % бактерий по сравнению с необлученным образцом. Таким образом, фотодинамическая терапия, по-видимому, может быть успешно применена там, где антибиотики бессильны.

Однако применение нанотехнологий связано и с возможными отрицательными последствиями.

Как сообщает журнал «Коммерческая биотехнология» [11], ученые университета штата Массачусетс обнаружили, что наночастицы, по крайней мере двух типов, могут вызывать повреждения в ДНК. Исследования проводились на линии клеток человеческого рака молочной железы MCF-7. Авторы протестировали токсичность суспензий кремниевых и фуллереновых наночастиц путем оценки количества разрывов одно- и двухцепочечных молекул ДНК. Указанные типы наночастиц выбраны в силу их повсеместного применения при производстве электроники, текстиля и спортивных товаров, а также благодаря легкости работы с ними в лабораторных условиях. Результаты продемонстрировали как дозо-зависимое, так и время-зависимое повышение уровня повреждений ДНК в клетках при воздействии обоих типов наночастиц. Известно, что повреждения ДНК ведут к появлению мутаций, которые нередко являются причиной развития злокачественных опухолей. Разные типы наночастиц могут обладать разным уровнем токсичности, однако на настоящий момент не существует данных, которые позволили бы выявить наиболее опасные материалы. Кроме того, необходимо установить, проникают ли наночастицы внутрь клеток и вызывают повреждения ДНК в результате непосредственного взаимодействия, либо они запускают каскад реакций на уровне клеточной мембраны. Понимание механизмов токсичности наночастиц позволит разработать соответствующие методы предотвращения или нейтрализации вызываемых ими повреждений.

В подтверждение вышеприведенного предположения в работе [12] действительно установлена склонность наночастиц, размеры которых не превышают 100 нм, к пересечению границ клеток, внедрение в их объем и взаимодействие с внутриклеточными структурами. Наличие у наночастиц чрезвычайно больших площадей поверхности является фактором воздействия на многие физико-химические характеристики организма. В связи с этим в области токсикологии начаты исследования по этой проблеме.

Английские ученые Э. Мэйнард и Р. Эйткен опубликовали статью [13], в которой раскрывают некоторые риски, связанные с производством наноструктур. По данным журнала Nanotoxicology, к 2014 г. количество людей, занятых в сфере производства наноматериалов составит более 10 млн, поэтому риск, исходящий от наноразмерных структур следует учитывать уже сегодня. Одним из таких рисков является появление воздушных взвесей наночастиц как побочного продукта производства. В большинстве своем они токсичны для человека и могут вызывать ряд заболеваний. Р. Мэйнард и Эйткен разделили все возможные типы искусственно созданных наночастиц на девять категорий – от простых сферических частиц до сложных супрамолекулярных комплексов. Далее были исследованы эффекты, которые различные наночастицы производят на организм. В результате исследователями получена система, показывающая, какие типы наночастиц и их комбинаций наиболее опасны для здоровья. Этот анализ показал, что для определения степени опасности того или иного атмосферного окружения на производстве будет недостаточно какого-либо одного теста. Инструменты для проведения подобного анализа будут довольно сложными и многофункциональными, так как им нужно будет распознать несколько типов наночастиц сразу и определить их концентрацию в окружающей среде. Сейчас ученые заняты разработкой подобного инструмента – его предварительно назвали «универсальный аэрозольный мониторинг». Эта система будет способна детально анализировать воздух и делать заключение о том, насколько опасно находиться в этой среде людям.

Группа исследователей из университета Массачусетса обнаружила [14], что наночастицы могут оказывать негативное влияние на рост растений. Известно, что наночастицы отличаются по физико-химическим свойствам от обычных материалов, сделанных из тех же веществ. Это заставляет предполагать, что действие этих частиц на клетки живых организмов также может оказаться непредсказуемым. В проведенном исследовании изучалось влияние пяти типов наночастиц на развитие шести видов растений. Оказалось, что в некоторых случаях присутствие наночастиц могло сильно сказываться на прорастании семян и корневом росте у исследуемых видов растений. Это значит, что развитие и применение нанотехнологий должно учитывать возможный вред от попадания наночастиц в окружающую среду.

Библиографический список

1. Cromie, W. J. Making the word’s smallest gadgets even smaller / W. J. Cromie // Harvard university gazette. 2005. 08th of December.

2. Терехов, А. И. Развитие научно-исследовательских работ по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и материалы»: анализ и оценка позиций России в области наноматериалов /

А. И. Терехов, А. А. Терехов // Вестник РФФИ. 2006. № 4. С. 23–37.

3. Каплан, Р. С. Сбалансированная система показателей / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. М. : Олимп-Бизнес, 2004. 320 с.

4. March, G. Hopeful future for a nano-Europe / G. March // Materials Today. 2003. № 7–8. P. 40–45.

5. Кэнтон, Дж. Социальное значение нанотехнологии: прогноз на будущее / Дж. Кэнтон // Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / под ред. М. К. Роко, Р. С. Уильямса и П. Аливисатоса. М. : Мир, 2002. С. 239–243.

6. Гудилин, Е. А. Сказка со счастливым концом [Электронный ресурс] / Е. А. Гудилин. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.nanometer.ru. Загл. с экрана.

7. Демина, Н. Академическая нанорусистика [Электронный ресурс] / Н. Демина. Электрон. дан. Режим доступа: // http://www.polit.ru/science. Загл. с экрана.

8. Rifkin, D. The end of work: The Decline of Global Labor Force and the Down of the Post-Market Era / D. Rifkin. New-York: G. P. Putman's Sons, 1996. 350 p.

9. Нанотехнологии восстанавливают нервные клетки [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://polit.ru/science. Загл. с экрана.

10. Norman, R. S. Sabo-Attwood Targeted Photothermal Lysis of the Pathogenic Bacteria, Pseudomonas aeruginosa, with Gold Nanorods / R. S. Norman [et al.] // Nano Letters. ASAP Article 10.1021/nl0727056 S1530-6984(07)02705-1. 07.12.2007.

11. Наночастицы могут повреждать ДНК [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://polit.ru/science.27.04.2007. Загл. с экрана.

12. Oberdцrster, G. Toxicology of nanoparticles: A historical perspective / G. Oberdцrster, V. Stone, K. Donaldson // Nanotoxicology. 2007 (March). Vol. Issue 1. P. 2–25.

13. Проведена оценка опасности наноразмерных аэрочастиц [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://polit.ru/science. Загл. с экрана.

14. Наночастицы могут негативно влиять на рост растений [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: http://polit.ru/science. Загл. с экрана.

G. G. Krushenko, S. N. Reshetnikova, K. K. Tsau

SOME ECONOMICAL, SOCIAL, EDUCATIONAL AND ECOLOGICAL ASPECTS OF NANOTECHNOLOGIES USE

Some possible consequences of nanotechnologies use in different fields are described.

УДК 004.412.3

Ю. Ю. Якунин

ОЦЕНКА ТРУДОЕМКОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ

Описаны методика и математическая модель оценки трудоемкости программного проекта на базе метрик, основанных на функциональных точках.

Организации, занимающиеся разработкой программных систем, особенно для коммерческой реализации, в том или ином виде используют методику оценки программного проекта. Проблема состоит в том, что в России в настоящее время действуют устаревшие модели по оценке, утвержденные Госкомтруда в 1986 г. В этой ситуации фирмы вынуждены использовать методики иностранного происхождения. Особенно остро стоит вопрос в организациях, которые получили или собираются получить сертификат по стандарту ГОСТ Р ИСО 9000–2001.

Использование иностранных методик сопровождается рядом проблем:

1) методики и модели созданы без учета специфики разработки программных систем в Росси;

2) параметры моделей оцениваются по статистическим данным о выполненных проектах в зарубежных странах. Сами статистические данные как правило закрыты, а потому не вызывают доверия;

3) математические модели не представлены в полном объеме, что не позволяет оценить достоверность этих моделей и самостоятельно выполнить оценку их параметров.

Все методики оценки делятся на две группы: микрооценка и макрооценка. Методы микрооценки основаны на точном знании процесса. Такова, например, Oracle AIM и оценки трудоемкости для него. Во всех случаях, когда для построения модели оценки необходимо видение разбивки работ и оценка каждой индивидуальной работы, метод относится к группе микрооценки. Методы макрооценки основаны на функциональных требованиях. Таковы методы функциональных точек (FP) типа COCOMO.

В статье Н. Михайловского [1] проведен сравнительный анализ методик оценки стоимости проектов по разработке программных систем. Из рассмотренных методик две имеют закрытые модели оценки, а из двух методик с открытыми моделями, у одной не доступны статистические данные, на основе которых вы-

полнялись расчеты оценки параметров модели. Последняя методика (IFPUG FPA) основана на статистических данных зарубежных стран.

Возникает потребность в открытых российских разработках такого рода методик. Открытые модели следующие:

1) производить оценку и настраивать модели на основе собственного опыта организаций;

2) использовать свои обозначения и понятия функциональных блоков, что наиболее актуально в постоянно меняющихся технологиях разработки.

В описываемой модели и методе оценки трудоемкости программной разработки учтены наиболее существенные факторы. С развитием метода будут учитываться и другие факторы, влияющие на стоимость программного проекта.

Концепция метода. Оценка программного проекта является исходными данными и отправной точкой для планирования. Для составления плана проекта необходимо знать три основных показателя: длительность (продолжительность) разработки, требуемые усилия (трудозатраты), количество специалистов (штат разработчиков). Эти показатели позволяют определить стоимость разработки проекта.

Основным показателем, который требуется оценить, является трудоемкость. Остальные показатели можно считать в той или иной степени производными. Для оценки трудоемкости требуется набор статистических данных о предыдущих проектах. Такими данными могут являться: трудоемкость функционального блока, подсистемы и проекта в целом; длительность проекта и каждого этапа в отдельности; количество ошибок на один функциональный блок или строку программного кода; используемые технологии разработки и организации процесса разработки; размер команды разработчиков и их квалификация.

Рассматриваемый в данной статье метод относится к группе макрооценок и основан на использовании подхода функциональных точек. Данный метод предполагает выполнение следующих шагов:

1) на основе предварительного анализа требований должны быть определены основные функциональные подсистемы (блоки) будущего программного продукта;

2) для каждого типа функционального блока определяется количество типов элементов и производится оценка сложности каждого типа элемента относительно друг друга (в том случае, если прежде такая оценка не производилась);

3) для каждого функционального блока определяется количество элементов каждого типа;

4) выполняется вычисление оценки трудозатрат для каждого функционального блока разрабатываемой системы;

5) в результате суммирования данных по всем блокам получаем оценки трудозатрат и стоимости разработки всей системы.

Исходные данные для оценки. В зависимости от подхода в организации к описанию и формализации требований к программной системе можно выделить несколько типов элементов, из которых эти требования состоят. В любом случае требования к системе делятся на функциональные и нефункциональные. От функциональных требований трудоемкость разработки системы зависит в большей степени, хотя некоторые нефункциональные требования могут очень сильно влиять на стоимость разработки. В предлагаемом методе пока учитываются только функциональные требования. В общем случае для любых подходов функциональные требованиях к системе на самом высоком уровне могут быть описаны как требования к подсистемам. Каждая подсистема может состоять из набора функций (по ГОСТ 34.602–89) или набора вариантов использования (по IEEE 830). И те и другие имеют детальное описание или спецификацию.

Для того, чтобы отвязаться от разных стандартов и подходов к описанию требований введем понятие «функциональный блок». Под функциональным блоком будем понимать набор однотипных функций, направленных на решение одной задачи. Задача может быть нацелена как на результат пользователя, так и на программный результат. Объем функционального блока может быть любым, но предпочтительно, чтобы все функциональные блоки были одного уровня абстракции, хотя это не обязательно. Например, для уровня подсистем можно считать следующие функциональные блоки: «подсистема авторизации», «подсистема формирования отчетов», «подсистема ведения справочных данных» и т. п. Это крупные функциональные блоки, для более точной оценки рекомендуется использовать функциональные блоки, например, уровня вариантов использования.

Так как рассматриваемый метод основан на подходе макрооценки, то исходными данными для него является статистика о предыдущих выполненных проектах. Статистические данные по каждому выполненному проекту должны содержать информацию по всем функциональным блокам следующего содержания:

$E_{i,j}^{k}$ – количество элементов по типам сложности, где i – номер функционального блока, j – номер типа сложности, k – номер выполненного проекта;

T_i^k – трудозатраты, использованные на разработку i-го функционального блока в k-м проекте.

Очевидно, что от проекта к проекту объем (или содержание) однотипного функционального блока может различаться. Обычно руководителю проекта известны трудозатраты, использованные на разработку функционального блока в целом (T_i^k), а не отдельных его частей. Но для оценки трудоемкости такого же функционального блока в новом (оцениваемом) проекте нужно знать трудозатраты на каждый элемент этого функционального блока в предыдущих проектах. Для решения этой проблемы вводится понятие сложности элементов функциональных блоков и оценка сложности ($\sigma_{i,j}$). В качестве примера приведем возможные типы элементов функционального блока и оценки их сложности (см. таблицу).

Типы элементов функционального блока

Тип элемента	Оценка сложности (%)	Описание
Простой объект	3,85	Количество простых и составных полей менее 15
Средний объект	7,69	Количество простых и составных полей более 15, но менее 50
Сложный объект	11,54	Количество простых и составных полей более 50
Простая транзакция	3,85	Выборка данных посредствам SQL-запроса или хранимой процедуры
Средняя транзакция	7,69	Выполнение нескольких SQL-запросов и/или хранимых процедур
Сложная транзакция	19,23	Реализация математического алгоритма
Простая таблица	7,69	Таблица, состоящая из простых полей, для создания которой используется один несложный SQL-запрос
Средняя таблица	15,38	Таблица, состоящая как из простых полей, так и из опциональных и/или списочных. Для создания таблицы используется один или несколько простых SQL-запросов
Сложная таблица	23,08	Таблица, состоящая из простых полей и/или опциональных и списочных полей. Для фильтрации данных используются дополнительные поля на форме. Для загрузки данных используются один или несколько сложных SQL-запросов (хранимые процедуры)

Примечание. Под объектом здесь понимается совокупность простых и составных полей, образующих некоторую сущность, которая представляется в системе как единое целое на отдельной форме, закладке, в разделе и т. п. Над объектом могут совершаться стандартные операции сохранения, изменения и удаления. Под транзакцией понимается набор действий пользователя и/или системы, выполняющихся по событию на форме и приводящих к определенному ощутимому результату. Например, транзакцией можно назвать реализацию некоторого математического алгоритма или выборку данных для отчета. Под таблицей понимается таблица с набором простых и составных полей, позволяющая выполнять стандартные действия над записями (сортировка, фильтрация по столбцам, настройка таблицы).

В приведенном примере оценка сложности выполнена в процентах, общая сумма всех оценок составляет 100 %. Для использования оценки сложности в модели удобно работать с приведенной оценкой. Тогда должно выполняться следующее условие:

$$\sum_j \sigma_{i,j} = 1, \text{ для } \forall i . \quad (1)$$

Значения оценки сложности элементов функционального блока могут быть получены двумя способами:

1) при наличии достаточного количества статистических данных о выполненных проектах оценку сложности можно будет рассчитать, например, через оценку матожидания;

2) при отсутствии достаточного количества статистических данных оценка может задаваться экспертом, например, менеджером проекта.

Как было отмечено выше, $\sigma_{i,j}$ нам необходима для получения трудозатрат в разрезе типов элементов, так как обычно известна информация только о стоимости всего функционального блока. Для каждого исходного проекта рассчитывается $T_{i,j}^k$ − трудозатраты, использованные на разработку элементов *j*-го типа в *k*-м проекте для *i*-го функционального блока.

Примечание. Исходные проекты – это выполненные проекты, чьи статистические данные будут использоваться для оценки стоимости нового проекта.

Эти трудозатраты рассчитываются путем весового распределения трудозатрат всего функционального блока по типам его элементов:

$$T_{i,j}^k = \frac{\sigma_{i,j} \cdot E_{i,j}^k}{\sum_j \sigma_{i,j} \cdot E_{i,j}^k} T_i^k . \quad (2)$$

Оценка функциональных блоков. Очевидно, что для оценки стоимости проекта нужно использовать статистические данные из нескольких проектов. Тогда возникает вопрос, насколько достоверны данные из того или иного проекта и насколько корректно использовать эти данные с равной степенью доверия. Конечно, можно было исключить проекты с меньшей степенью достоверности. Но тогда, как оценить эту степень достоверности? Кроме того, любые статистические данные, на сколько они были бы недостоверны, несут в себе ценную информацию. Например, нужно оценить редкий функциональный блок, а в тех проектах, которым мы доверяем, такого рода блок не разрабатывался, вот тогда мы вынуждены взять информацию из менее достоверных проектов.

Чтобы можно было учитывать в методе степень доверия к исходным данным выполненных проектов, введем понятие значимости (веса) каждого проекта (β_i^k). Модель оценки значимости проектов в данной статье не рассматривается. Скажем только, что этот вес может задаваться экспертом (менеджером проекта). Понятно, что для β_i^k должно выполняться следующее условие:

$$\sum_k \beta_i^k = 1, \text{ для } \forall i . \quad (3)$$

В некоторых выполненных проектах могут отсутствовать данные по количеству разработанных элементов *j*-го типа, т. е. $E_{i,j}^k = 0$. Тогда, для того чтобы не потерять вес на этих типах элементов, нужно его перераспределить по остальным проектам пропорционально их весам: для $\forall k'$, если $E_{i,j}^{k'} = 0$, то

$$\beta_i^k = \frac{\beta_i^k}{1-\beta_i^k} \text{ для } \forall k . \quad (4)$$

Теперь рассчитаем трудозатраты на каждый элемент каждого типа для нового проекта:

$$T_{i,j}^0 = \sum_k \beta_i^k \frac{T_{i,j}^k}{E_{i,j}^k}, \text{ где } E_{i,j}^k \neq 0 \text{ для } \forall i, j . \quad (5)$$

Для оценки трудоемкости аналогичного функционального блока в новом проекте нужно знать количество элементов *j*-го типа *i*-го функционального блока ($E_{i,j}^{\text{оц}}$). Эти данные могут быть получены в результате выполнения детального анализа требования. После этого можно рассчитать значение трудозатрат, необходимых для разработки *i*-го функционального блока:

$$T_i^{\text{оц}} = \sum_j T_{i,j}^0 \cdot E_{i,j}^{\text{оц}}. \quad (6)$$

Трудозатраты всего проекта могут быть получены путем суммирования трудозатрат всех функциональных блоков.

Пример оценки системы. В данном примере будут оценены трудозатраты на разработку подсистемы ведения справочных данных ($i = 1$):

1. Определяем типы сложности элементов или сами элементы подсистемы ведения справочных данных, если они не были определены ранее и не хранятся в базе данных о выполненных проектах. Для подсистемы ведения справочных данных выделим три типа элементов:

$j = 1$: простые справочники – все поля имеют простые типы данных (целое, строка и т. п.);

$j = 2$: составные справочники – справочник состоит из любого количества простых полей и любого количества полей, которые принимают значения других справочников;

$j = 3$: сложные справочники – для любой записи этого справочника существует определенный набор записей из другого справочника.

2. Оцениваем сложность каждого элемента подсистемы ($\sigma_{i,j}$):

$$\sigma_{1,1} = 0,1 ;\ \sigma_{1,2} = 0,3 ;\ \sigma_{1,1} = 0,6 .$$

3. Получаем данные из других проектов о количестве элементов ($E_{i,j}^k$) в оцениваемой подсистеме и трудозатратах (T_i^k), использованных на разработку этих подсистем. Предположим, что у нас есть данные по двум проектам ($k = 2$):

$$E_{1,1}^1 = 5 ;\ E_{1,2}^1 = 5 ;\ E_{1,3}^1 = 2 ;\ T_1^1 = 150 \text{ [чел.-ч];}$$

$$E_{1,1}^2 = 20 ;\ E_{1,2}^2 = 10 ;\ E_{1,3}^2 = 10 ;\ T_1^2 = 350 \text{ [чел.-ч].}$$

4. Рассчитываем трудозатраты на разработку каждого типа элементов для обоих проектов на основе количества этих элементов ($E_{i,j}^k$) и оценки сложности ($\sigma_{i,j}$) в соответствии с формулой (2):

$$T_{1,1}^1 = 23,44 ;\ T_{1,2}^1 = 70,31 ;\ T_{1,3}^1 = 56,25 ;$$

$$T_{1,1}^2 = 63,64 ;\ T_{1,2}^2 = 95,46 ;\ T_{1,3}^2 = 191,00 .$$

5. Определим важность каждого проекта путем распределения весов (β_i^k):

$$\beta_1^1 = 0,3 ;\ \beta_1^2 = 0,7 .$$

6. Рассчитываем среднюю стоимость одного элемента каждого типа в соответствии с формулой (5):

$$T_{1,1}^0 = 3,62 ;\ T_{1,2}^0 = 10,90 ;\ T_{1,3}^0 = 21,80 .$$

7. Выполним оценку количества элементов каждого типа ($E_{i,j}^{\text{оц}}$) в создаваемой подсистеме. Предположим, в создаваемой подсистеме будет следующее количество элементов:

$$E_{1,1}^{\text{оц}} = 15 ;\ E_{1,2}^{\text{оц}} = 10 ;\ E_{1,3}^{\text{оц}} = 5 .$$

8. Рассчитаем оценку трудозатрат подсистемы в соответствии с формулой (7):

$$T_1^{\text{оц}} = 272,3 .$$

Рассмотренная методика оценки программного проекта разрабатывалась с учетом требований малых и средних организаций, которые развиваются в жесткой конкурентной борьбе и чья основная деятельности связана с производством программных продуктов. Развитие малых организаций, разрабатывающих программные системы в России, осложняется еще и тем, что большая часть программного обеспечения является пиратской. Хотя последние тенденции в политике нашего государства и навязывают приобретение лицензионного программного обеспечения, но сложившийся менталитет руководителей еще не позволяет делать серьезные вложения в лицензионные системы или их разработку. Такая ситуация ставит под вопрос рентабельность фирм-разработчиков, вынуждая их уходить в оффшор.

В этой ситуации разработчикам тяжело формализовать и автоматизировать свои собственные рабочие процессы, тем более путем приобретения технологий и программного обеспечения сторонних фирм. Как правило, такие приобретения требуют серьезных финансовых вложений. Предложенная методика формализует один из небольших, но важных этапов технологии разработки и не требует финансовых вложений в ее автоматизацию.

При разработке методики оценки учитывались такие требования, как легкость использования оценки; возможность использования статистики предыдущих проектов, которая не велась в соответствии со специальными требованиями для оценки; возможность учета нефункциональных требований; гибкость методики, т. е. она не должна быть привязана к каким-то определенным единицам (функциональным блокам), и др.

Разработанная методика в представленном виде удовлетворяет большей части предъявляемых требований и кроме всего прочего позволяет выполнять оценку на разных этапах разработки программного обеспечения. Например, в самом начале жизненного

цикла программной системы требуется грубая (предварительная) оценка, которая может иметь точность до ±200 % [2], а в конце этапа анализа требований оценка требуется более точная, поскольку на ее основе рассчитывается бюджет проекта и сумма контракта. В предложенной методике уровень точности оценки зависит от детализации функциональных блоков, которые могут иметь статус от элементарных блоков системы до компонент и подсистем, что существенно упрощает использование методики.

В развитии предложенной методики планируются следующие исследования:

1) получение параметров модели (оценки сложности ($\sigma_{i,j}$) и значимости (весов) проектов (β_i^k)), на основе статистических данных исходных проектов;

2) разработка методов оценки степени достоверности данных исходных проектов;

3) идентификация и классификация функциональных блоков программных систем;

4) идентификация параметров, влияющих на стоимость программного проекта и на их основе уточнение модели и методики.

Библиографический список

1. Михайловский, Н. Сравнение методов оценки стоимости проектов по разработке информационных систем [Электронный ресурс] / Н. Михайловский. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.pmprofy.ru/content/rus/79/797-article.asp. Загл. с экрана.

2. Макконнелл, С. Остаться в живых. Руководство для менеджера программных проектов / С. Макконнелл. СПб. : Питер, 2006. 240 с. (Библиотека программиста).

Yu. Yu. Yakunin

ESTIMATION OF LABOUR PRODUCTIVITY OF DEVELOPMENT OF PROGRAM SYSTEM

The technique and mathematical model of an estimation of labour productivity of the program project on the basis of the metrics based on functional points are described.

УДК 621.314

А. В. Калинин, С. В. Ченцов

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОПУСКОВ НА ПОЛЕ «ПЛОХИХ» ДАННЫХ

Предложена модификация алгоритма ZET восстановления данных на основе анализа многомерности данных. Приведены результаты сравнительного анализа восстановления данных модифицированным алгоритмом ZET.

Ключевые слова: восстановление пропусков, многомерные данные ZET алгоритм.

Для современной науки характерно непрерывное возрастание сложности изучаемых объектов. Одним из характерных свойств «сложных объектов» является то, что для описания используются переменные различной физической природы. Например, при изучении причин миграции населения социолог вынужден учитывать большое число факторов, отражающих экономические, географические, природно-климатические, культурно-бытовые условия и т. д. Часто при работе на «сложных объектах» приходится сталкиваться с ситуацией, когда отсутствуют те или данные. Причины этого различны: ошибки, допущенные при сборе сведений; невозможность в силу каких-либо причин заполнить значения и т. д. При этом для анализа данных требуется непрерывный набор значений. Пропущенные значения могут серьезно повлиять на результаты анализа. Поэтому возникает задача наиболее точного заполнения пропусков.

Алгоритмов решения данной задачи весьма много – от самых простых до весьма сложных математических подходов [1–3]. Следует отметить, что при формировании модели «сложного объекта», как правило, возникают трудности, что объясняется существенным недостатком знаний о его внутренних функциональных взаимосвязях.

В настоящее время широкое распространение получили локальные алгоритмы заполнения пропуска на основе использования зависимостей, определенных на части данных в некоторой окрестности пропуска в отличие от других, основанных на предположении, что зависимость заданного (например, линейного) типа реализована на всех данных, поэтому и в определении зависимости участвуют все строки и столбцы исходного поля данных.

Многолетний опыт использования локальных алгоритмов показал их высокую эффективность по сравнению с другими известными алгоритмами заполнения пробелов, редактирования таблиц и прогнозирования характеристик динамических (меняющихся во времени или пространстве) объектов [1]. Вместе с тем, по мере накопления опыта решения реальных задач возникает необходимость модификации существующих локальных алгоритмов и разработки новых. В процессе исследований изучается влияние различ-

ных способов нормировки столбцов, сравниваются разные стратегии выбора компетентных подматриц и различные способы заполнения пробелов по компетентным подматрицам. Делается попытка создать алгоритм заполнения пробелов в так называемых трехвходовых таблицах или кубах данных типа «обьект–свойство–время» [1].

Одним из основных локальных алгоритмов восстановления пропусков данных является алгоритм ZET. Авторы предлагают модификацию данного алгоритма и приводят результаты сравнительного исследования предложенного модифицированного алгоритма на данных типа «обьекты–свойства–время».

Работа предложенной модификации алгоритма ZET для восстановления пропуска на многомерных данных, описывающих «сложные объекты», основана на следующей гипотезе: *если восстанавливаемое измерение попадает в один таксон с другими измерениями и за счет анализа избыточной информации данный таксон не меняется, то между восстанавливаемым (оцениваемым) измерением и другими измерениями есть линейная зависимость.*

Основные этапы предложенного алгоритма:

1. Разбиваем многомерные данные на двухмерные так, чтобы между ними была зависимость.

2. Определяем таксоны на двухмерных данных.

3. Определяем устойчивый таксон на основе предложенной эмпирической гипотезы: *в среднем объекты (данные) с большей вероятностью появления в исследуемом таксоне в разные исследуемые интервалы несут большее количество информации.*

4. Определяем, к какому таксону принадлежит элемент, стоящий на месте пропуска, на основе анализа других факторов. Пропуск будем относить к тому таксону, к которому относятся элементы, попавшие в устойчивый таксон в восстанавливаемом факторе (см. рисунок, где пунктирной линией отмечена принадлежность пропуска к таксону, которому принадлежат выделенные измерения).

5. Проводим восстановление пропуска с помощью линейной регрессии $y_i(x) = b + a \cdot x$ по значениям, попавшим в устойчивый таксон по другому фактору:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i - n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2 - n\sum_{i=1}^{n} x_i^2};$$

$$b = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} y_i - a\sum_{i=1}^{n} x_i\right).$$

6. Определяем степень влияния одного признака (фактора) на другой (k) на основе построенного нечеткого графа иерархии с корневыми вершинами на рассматриваемом поле данных [4].

7. Восстанавливаем пропуск на основе учета степени влияния каждого признака (фактора), попавшего в устойчивый таксон: $y(x) = k_1y_1(x) + k_2y_2(x) + \ldots + k_iy_i(x)$.

Апробацию предложенной модификации проведем на данных типа «обьекты–свойства–время» по предприятиям РАО ЕЭС России. Исследуемые данные были представлены в трехмерном пространстве по следующим осям: объекты (предприятия), исследуемые признаки (факторы) и ось времени. Объем выборки составил порядка – 700 измерений. Следует отметить, что по оси «факторы» измерения имеют разную физическую природу.

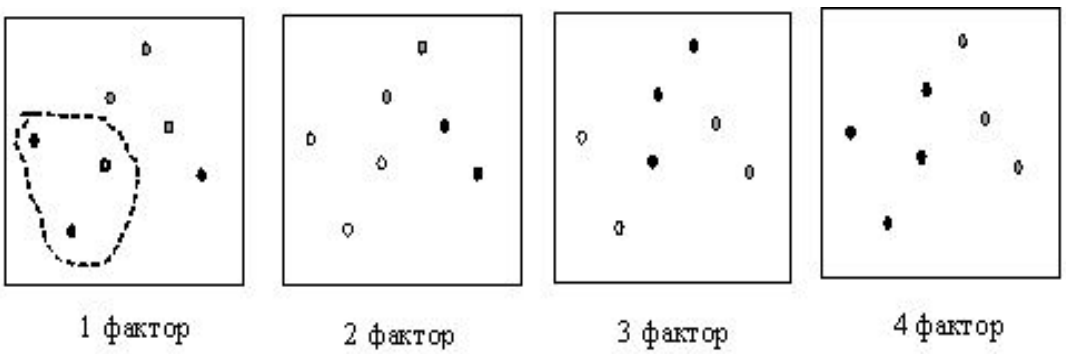
На исходном поле данных было сделано 15 % пропусков на основе нормального закона распределения с использованием датчика случайных чисел (табл. 1).

На полученном поле данных проведено восстановление пропусков на основе алгоритма ZET и предложенной модификации (табл. 2).

Предложенная модификация алгоритма ZET при использовании его на данных типа «обьект–свойство–время» дает хорошие результаты: так, из 16 пропусков удалось восстановить 12 значений с ошибкой менее 15 %. Следует отметить, что у двух значений не удалось определить принадлежность к таксону. С помощью алгоритма ZET удалось восстановить только 3 значения из 16 пропусков с ошибкой менее 15 %. Таким образом, предложенная модификация алгоритма показала большую эффективность по сравнению базовым при применении на многомерных данных.

Также предложенная модификация алгоритма ZET позволила расширить работу базового алгоритма на многомерные данные и устранить такие недостатки, как попадание в компетентную матрицу неинформативных строк, и, как следствие, неинформативных столбцов, фиксированность размера компетентной матрицы.

Оценивать эффективность предложенной модификации алгоритма по сравнению с базовым будем на основе проведения численных экспериментов на сформированном ранее поле данных с пропусками.



Определение отношения пропуска к таксону

Таблица 1

Сформированное поле данных с пробелами

Общий травматизм	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Алтайэнерго	21	14	19	21	21	16	20
Бурятэнерго	24	21	19	14	16	15	14
Красноярскэнерго	46	34	31	26	37	25	17
Кузбассэнерго	30	43	68	44	31	43	31
Иркутскэнерго	42	58	52	52	53	53	46
Новосибирскэнерго	24	21	30	17	35	25	8
Омскэнерго	24	16	23	19	11	14	25
Томскэнерго	9	8	5	7	3	3	5
Хакасэнерго	2	9	8	3	6	3	3
Читаэнерго	9	11	10	5	3	7	3
Саяно-Шушенская ГЭС	6	8	4	5	0	2	2
Березовская ГРЭС-1	3	4	10	8	9	6	3
Гусиноозерская ГРЭС	4	7	3	1	3	6	3
Красноярская ГРЭС-2	3	3	5	3	5	2	3
Бийская ТЭЦ-1	4	7	10	10	2	9	14

Примечание. Заливкой выделены пропуски на основе нормального закона распределения с использованием датчика случайных чисел.

Таблица 2

Сравнительные результаты заполнения пробелов

Восстанавливаемое значение	Восстановленное значение алгоритм ZET	Ошибка алгоритма ZET, %	Восстановленное значение, модифицированный алгоритм ZET	Ошибка восстановления, модифицированный алгоритм ZET, %
3	2,37	20,9	2,89	3,7
10	13,85	38,5	10	0
8	5,14	35,7	9,12	13,99
43	46,24	7,53	43,26	0,6
21	27,98	33,21	21,67	3,6
9	8,51	5,4	9	0
24	15,75	34	нет	100
6	9,71	52,84	нет	100
17	34,59	103,5	62,33	233
7	3,55	49,31	7,75	10,82
6	3,42	42,9	6	0
9	6,37	29,2	4,23	52,95
3	7,01	133	3,16	5,57
6	9,69	61,5	6,54	8,97
6	3,89	35,2	6	0
25	11,26	54,95	25	0

Отличие данного подхода от метода «скользящего экзамена» заключается в следующем. В методе «скользящего экзамена» сначала закрывается один известный элемент b_{11}, стоящий на пересечении строки a_1 и столбца x_1, и происходит его предсказывание с помощью всех исследуемых алгоритмов F поочередно. Каждый алгоритм f_v предскажет свое значение b_{11v}, которое будет отличаться от исходного («истинного») значения на величину $d_{11v} = |b_{11v} - b_{11}|$.

Далее восстанавливаем в таблице элемент b_{11}, уберем элемент b_{12} и повторим процедуру. Получим отклонение d_{12v}. Проделав это по очереди со всеми элементами таблицы, и просуммировав полученные отклонения, мы получим суммарную величину отклонений D_v для каждого алгоритма v. Наилучшим из них естественно считать такой алгоритм f_v^t, который дает минимальную сумму отклонений:

$$v^t = \arg(\min_{v \in t}(D_v)).$$

На практике удобнее ошибку предсказания элемента считать в процентах:

$$e_{ijv} = \frac{\left|b_{ijv} - b_{ij}\right|}{\left|b_{ij}\right|}.$$

Тогда ошибку предсказывания таблицы размера $N \times M$ можно вычислять по формуле

$$E_v = \frac{\sum\limits_{\substack{1 \le i \le N \\ 1 \le jM}} e_{ijv}}{N \cdot M}.$$

В предлагаемом подходе закрываются сразу все неизвестные элементы в таблице и происходит их восстановление на основе исследуемых алгоритмов, после чего считается ошибка предсказывания по таблице так же, как и в методе «скользящего экзамена». Затем

генерируются новые пропуски, и процесс восстановления повторяется. По итогу получается интегральная ошибка восстановления на основе нескольких повторений, которая также позволяет судить об устойчивости исследуемых алгоритмов и отражает более действительно поведение алгоритмов в реальных условиях пропуска.

Полученные интегральные характеристики восстановления пропусков на основе 5 повторений приведены в табл. 3.

На основе анализа проведенного эксперимента можно сделать вывод, что предложенная модификация алгоритма дает значительно лучшие результаты восстановления, чем немодифицированный при использовании избыточной информации многомерных данных. Применять предложенную модификацию следует на данных, в которых нет выраженной закономерности между значением элементов в строках или в столбцах, и измерения являются более разрозненными без явных тенденций и группировок по строкам (столбцам), что характерно показывает применение данных алгоритмов на данном поле данных для восстановления по фактору «технологические нарушения» (табл. 4).

Из проведенных численных экспериментов следует, что ошибка предсказания в алгоритме ZET зависит от «похожести» столбцов и строк, по которым происходит предсказывание, на строку и столбец, в котором есть пропуск, в то время как ошибка предложенной модификации зависит от того, насколько разные значения элементов попали в устойчивый таксон; и чем более разрозненным является исходное поле данных, тем худшие результаты показывает базовый алгоритм и лучшие – модифицированный. Следует отметить, что чем строже мы указываем критерии для выделения таксона на исходном поле данных, тем точность предсказывания выше с одновременным увеличением доли невосстановленных значений за счет невозможности определить устойчивый таксон.

На двухмерном поле данных, отвечающем требованиям данных алгоритмов, ошибка восстановления подтверждает ранее сделанные предположения о том, что если в строках (столбцах) есть выраженные зависимости, то данные алгоритмы показывают хороший результат (табл. 5); и наоборот, при разрозненных данных в столбцах (строках) исходные алгоритмы показываю значительно хуже результаты [5].

Практическое применение локальных алгоритмов, как уже отмечалось в работах Н. Г. Загоруйко, весьма широко – от техники до медицины и финансов. Предложенная модификация локального алгоритма восстановления пропусков ZET позволит расширить применение данного класса алгоритмов на многомерные массивы данных, описывающих «сложные объекты».

Библиографический список

1. Загоруйко, Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко. Новосибирск : Изд. ин-та математики, 1999.

2. Лбов, Г. С. Методы обработки разнотипных экспериментальных данных / Г. С. Лбов. М., 1981.

3. Калинин, А. В. Методы восстановления пропуска данных / А. В. Калинин, С. В. Ченцов // Информатика и системы управления. 2002. № 8.

4. Калинин, А. В. Анализ аномалий на поле данных для выявления внутренних взаимосвязей / А. В. Калинин, С. В. Ченцов // САКС 2004 : сб. тез. докл. Красноярск, 2004.

6. Раскулов, С. Н. Разработка и исследование новых версий алгоритма ZET заполнения пробелов в эмпирических таблицах [Электронный ресурс] / С. Н. Раскулов ; Новосиб. гос. ун-т. Электрон. дан. Режим доступа: http:// zetbraid.narod.ru. Загл. с экрана.

Таблица 3

Интегральные ошибки предсказания алгоритмом ZET и предложенной модификации на данных типа «обьекты–свойства–время» по фактору «травматизм»

Базовый алгоритм ZET, %	Модифицированный алгоритм ZET, %
49,5	9,85 (21,8 % пропусков не удалось восстановить)

Таблица 4

Интегральные ошибки предсказания алгоритмом ZET и предложенной модификации на данных типа «обьекты–свойства–время» по фактору «технологические нарушения»

Ошибка восстановления алгоритма ZET, %	Ошибка восстановления модифицированным алгоритмом ZET, %
23,9	12,04 (50 % пропусков не удалось восстановить)

Таблица 5

Интегральные ошибки предсказания алгоритма ZET, ZETBraid

Поле данных	Алгоритм ZET, %	Алгоритм ZetBraid, %
«Биоинформатика» (24 строки, 142 столбца) – таблица исследований психофизических показателей различных групп людей, полученная в результате исследования уровня тревожности	18,9	15,4
«Минэнерго» (31 строка, 14 столбцов) – таблица данных министерства энергетики США с 1970 по 2000 г.	2,6	2,2

A. V. Kalinin, S. V. Chentsov

ALGORITM OF RESTORATION OF THE DATA ON A FILD OF THE «BAD» DATA

The updating algorithm ZET of the data restoration on the basis of the informative field and data multiregularities analysis is considered. It is given the results of the comparative analysis of data restoration on the basis of the updating algorithm ZET.

Keywords: restoration of the data, multiregularities of the data, algorithm ZET.

УДК 004.4’242

П. А. Корягин

О ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОМ

Рассмотрена проблема повышения эффективности труда программиста при разработке проективных информационных систем на основе авторского подхода, использующего концепцию метапрограммирования.

В настоящее время потребность автоматизации информационных процессов предприятий нарастает. Внедрение программ, автоматизирующих деятельность предприятий, существенно повышает уровень сервиса компаний, снижает издержки как самих предприятий, так и их клиентов. Как следствие возрастает спрос на разработку информационных систем (ИС), являющихся основой автоматизации предприятий [1].

Однако существует проблема доступности программного обеспечения для малых предприятий: при выборе готовых продуктов это объясняется высокой стоимостью внедрения; а при создании отдела разработки – трудностями управления штатными программистами, если разработка программного обеспечения не является профилем предприятия.

Уже на этапе проектирования ИС возникают проблемы нечеткого оформления технического описания со стороны заказчика. Проблема усугубляется сроком их разработки (как правило, от 0,5 до 1,5 лет), в течение которого изменяются первоначальные идеи и претензии потребителей ИС. Возникает противоречие – осознание смены потребительских качеств будущей ИС порой опережает сроки их создания. В этой связи, с одной стороны, труд разработчика-программиста требует интенсификации, с другой – необходимо изменить концептуальные основы проектирования ИС.

Наиболее полное удовлетворение потребностей заказчика ИС может обеспечить проективный подход [2]. К сожалению, популярные сегодня методы разработки показывают плохие результаты, при частом пересмотре требований к системе (Карл И. Вигерс. Разработка требований к программному обеспечению).

Авторы статьи сделали попытку обосновать подход, позволяющий существенно повысить эффективность труда программиста при разработке проективных ИС. Предлагаемый подход опирается на концепцию метапрограммирования.

Были поставлены следующие задачи:

1. Определить основные компоненты среды разработки ИС с Веб-интерфейсом и разработать проективный подход к их разработке на основе смешанных парадигм программирования.

2. Осуществить оценку эффективности предложенного метода на примере разработки конкретных проективных систем.

Исследование среды. Проведен анализ 30 проектов, выставленных на электронной бирже weblancer.net в категории Web-программирование. В результате обнаружено, что в 7 из них имеется техническое задание, в котором сформулированы следующие требования:

1) какие данные должны храниться в системе;

2) каким образом данные должны попадать в систему и выводиться ею.

В остальных 23 дается ссылка на готовый проект, с закрытым кодом, и выдвигается требование сделать аналогичное ПО. Второй случай сводится к первому на этапе изучения программистом продукта-образца. В ходе изучения определяются данные и их представления.

Пример описания, потребителя, приведен на рис. 1.

Опытный программист может сформировать представление о модели данных по описанию, сделанному со слов потребителя (рис. 1). Он может привести ее в нормальную форму и описать базу данных на языке SQL или построить UML-диаграмму в CASE-системе.

Заметим, что даже при незначительной корректировке технического описания заказчиком, программист вынужден изменять набор полей сущности одновременно во многих местах разрабатываемой ИС. В частности, следующие случаи обязывают его это сделать:

– непосредственная генерация базы данных;

– описание полей формы ввода;

– проверка корректности и безопасности получаемых из формы данных;

– подготовка значения к выводу в HTML;

– подготовка значения к вводу в базу данных;

– инициализация значений «по умолчанию».

В то же время известно, что в большинстве случаев как в пределах одного проекта, так и в разных проектах, к переменной поля заданного типа (например, «Текст с форматированием в формате HTML») будут применены идентичные алгоритмы.

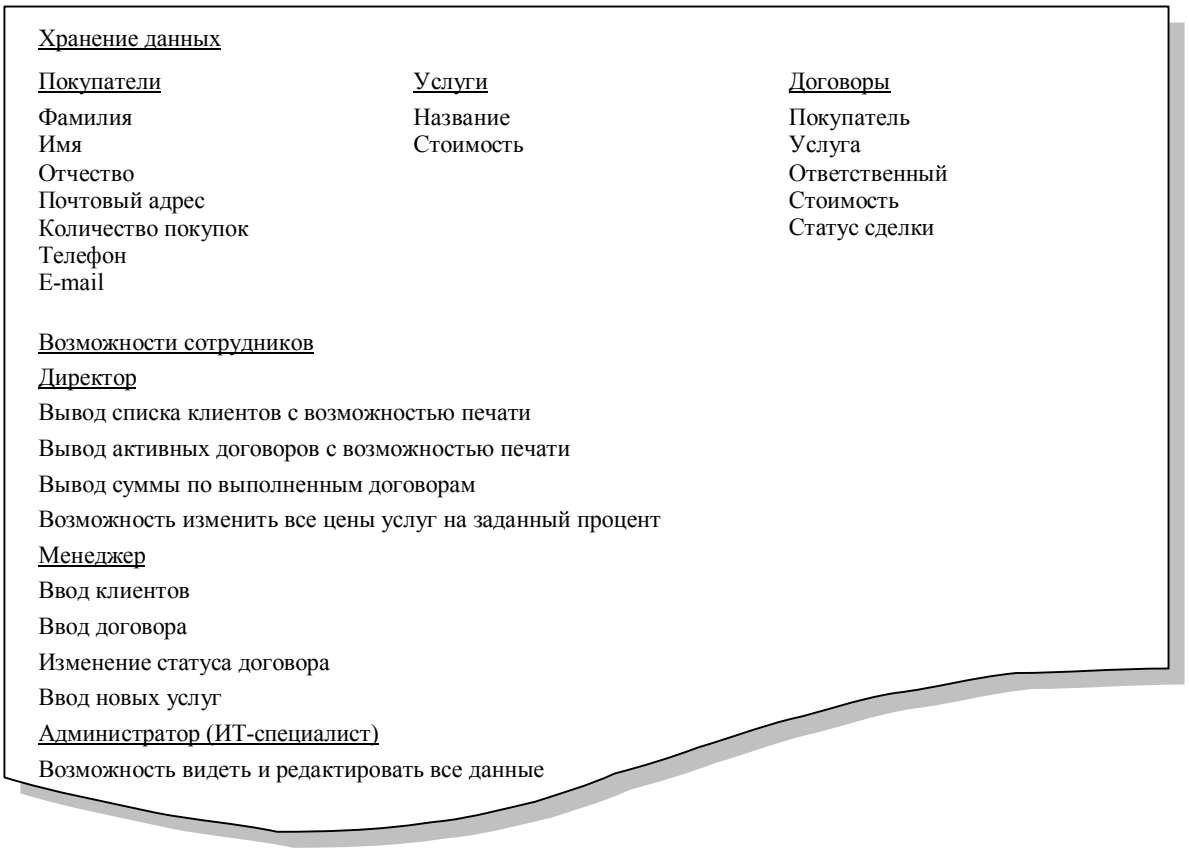


Рис. 1. Пример описания будущей ИС со слов потребителя

Таким образом, если в программе указан набор полей для данного конкретного случая, и компилятор, или ядро программы, «знает» логику обработки полей, то описание формы для программиста будет сведено к простому перечислению полей.

Но описание будущей ИС (рис. 1) определяет не только модель данных. «Возможности сотрудников» де-факто являются вербальным описанием необходимых форм. Однако существующие системы программирования не предоставляют нам достаточного набора клише для их описания. Традиционно в этом месте начинается творческий процесс.

Чем больше шагов необходимо предпринять для получения работающей программы на основе словесного описания, и чем они сложнее, тем больше времени и других ресурсов потребует разработка. Следовательно, необходим инструмент для того, чтобы человеческий язык максимально близко отображался на язык формальный, интерпретируемый компьютером [3; 4]. Для этого необходимо обратиться к опыту практической разработки ИС с Веб-интерфейсом. В результате многолетней практики в данной области, в том числе в рамках исследований промышленной разработки ИС на базе ООО «Веб-ресурс», были отмечены следующие особенности создания исследуемых систем:

1) программный код содержит очень много клише, которые приходится набирать постоянно;

2) очень многие их появления, тем не менее, не являются штампом, имея уникальные особенности, в том или ином объеме проявляющиеся во многих частях;

3) клише встречаются на разных уровнях:

а) исполнение SQL-запроса с выводом результата в HTML-шаблон;

б) сложная форма, позволяющая просматривать таблицу и редактировать ее значения;

в) для отладки программы используются одни и те же HTML-шаблоны, часть из которых попадает в конечные версии продукта.

В первых экспериментах по внедрению метапрограммирования в разработку было решено использовать параметризованные макросы, т. е. макросы, представляющие собой обычные процедуры с набором параметров. Результат оказался неудовлетворительным в силу ряда причин:

– количество параметров макросов очень быстро росло;

– многие значения параметров необходимо было каскадно передавать в суб-макросы;

– большинство из параметров не изменялись при конкретном вызове макроса, вызывая необходимость каждый раз явно перечислять ряд значений «по умолчанию».

Таким образом, выявлено противоречие. Мы видим преобладание клише в программном коде ИС, но существующие методы описания макрофункций дают неприемлемое решение.

Идея для разрешения противоречия была найдена в следующей аналогии. Опытный программист, пользующийся стандартными средствами (например, PHP, ASP.NET, Visual C++ и др.) в определенный момент обнаруживает предел собственной производительности. Единственным средством преодолеть это ограни-

чение является найм новых программистов. При этом координация между ними в наиболее общей форме будет происходить следующим образом:

1) формулируется знакомая задача. Например, сделать форму редактирования таблицы «user»;

2) формулируются особенности задачи. Например, при вводе нового пользователя, перед внесением данных в базу данных, необходимо генерировать случайное число «тикет», сохраняемое в базе данных, и высылать ссылку для активации записи на введенный адрес электронной почты;

3) если подчиненный, как правило, менее опытный, программист не знает решения той или иной задачи, он может получить решение у наставника, запомнив его на будущее.

Следовательно, смоделировав описанное поведение подчиненного программиста, можно получить систему, разрешающую сформулированное ранее противоречие. Для решения этой задачи необходимо создание следующих механизмов:

– пополняемая база знаний: данная подзадача неспецифична, известны разные способы ее решения;

– способ описания уточнений для клише из базы знаний, не обладающих недостатками макросов.

Для иллюстрации структуры макроса (рис. 2) использован язык C++ как наиболее популярный из языков, имеющих встроенную поддержку макросов.

Отметим также, что экспериментальная работа проводилась с использованием модифицированной среды PHP, причины выбора которой лежат за пределами предмета исследования, при этом стандартная версия PHP макросы не поддерживает.

Если решаемая задача сводится к выводу списка пользователей с сокрытием пароля для тех из них, у которых значение поля «rights» не равно нулю, то вывод списка является известным алгоритмом, описанным ранее как макрос db_list; указание таблицы или запроса со списком полей является ожидаемым параметром данного макроса; описанная манипуляция с полем пароля является непрогнозируемой в общем случае модификацией алгоритма.

Свойством параметра-таблицы, равно как и набора полей, является то, что их будут использовать как минимум два из четырех вызываемых макроса: db_query (для запроса из указанной таблицы), fields_output_prepare (для обработки известного набора полей). В связи с расточительностью явной передачи параметров, требующей усилий программиста, не касающихся специфики решаемой им задачи, требуется механизм каскадной передачи параметров.

Таким образом, *первый постулат вводимого метода состоит в наличии механизма каскадной передачи параметров*. Практические испытания подтвердили целесообразность его использования. Для сравнения объема и сложности кода на рис. 3 приводится вариант с явной каскадной передачей параметров.

Информативность в этом случае не повышается, так как передаваемые объекты в памяти человека являются «текущими» вне зависимости от того, указаны они явно в коде программ или нет.

Аналогично работающая ИС может содержать множество объектов, отражающих ее текущее состояние. Например, объект «Текущий пользователь» традиционно загружается ядром ИС и попадает в набор глобальных переменных. Но каждый ее модуль не получает явной ссылки на этот объект, а сам запрашивает ее при необходимости проверить права доступа.

Сутью же модификации алгоритма, производящей манипуляции с полем пароля, является помещение алгоритма, реализующего данную модификацию, в соответствующее место макроса без повреждения структуры последнего. В данном случае это будет инъекция кода перед вызовом макроса fields_output_prepare, так как в этом месте данные уже извлечены из базы данных, но еще не обработаны для вывода в HTML. Следовательно, мы можем привязать место инъекции к макросу fields_output_prepare, потребовав разместить внедряемый код перед его вызовом.

```
#define db_list
db_query;
while (db_fetch_row) {
  fields_output_prepare;
  call_template_item;
}
```

Условимся считать, что пример написан на языке C++.
Символы «\» в конце строк для удобства чтения опущены.
Все идентификаторы являются макросами, объявленными ранее при помощи директивы «define».

Рис. 2. Текст макроса db_list

```
#define db_list(table, field_set)
db_query(table, field_set);
while (db_fetch_row) {
  fields_output_prepare(field_set);
  call_template_item;
}
```

Рис. 3. Текст макроса db_list без механизма каскадной передачи параметров

Таким образом, *второй постулат вводимого метода состоит в уточнении алгоритмов макросов путем инъекций кода, привязанных к местам, идентифицируемым вызовами других макросов*.

Экспериментальная работа. Исследуемый подход программирования был испытан при создании серии прикладных информационных систем. Работы проходили на базе Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева, а также ИТ-компании «Веб-ресурс».

Для практических работ была создана динамически пополняемая среда, состоящая из следующих компонентов:

1) стандартной среды PHP, версии 5;

2) специально изготовленного компилятора расширений PHP, реализующих синтаксис макрокоманд;

3) библиотеки шаблонов.

В целях концентрации на предмете исследования второстепенные аспекты не были реализованы в испытательной среде. Так, например, описание модели данных производилось при помощи стандартного синтаксиса языка PHP (рис. 4).

Расширения языка представляют собой механизм генерации кода на языке PHP (рис. 5) и синтаксис макросов с поддержкой описанного ранее метода инъекций кода (рис. 6).

Для генерации кода было использовано стандартное свойство интерпретатора PHP – выдавать любой программный код (не только HTML) непосредственно в браузер, попутно исполняя PHP-код, находящийся в пределах тегов «<? ... ?>». Так как компилятор тоже был написан на PHP, это свойство нашло применение. На рис. 5 можно видеть код, набранный обычным шрифтом – это продуцируемый код приложения, и полужирным – это код, управляющий компиляцией.

Для введения механизма уточнений (рис. 6) было сформулировано несколько принципов, которые следует рассматривать только как вариант реализации, но не как базис метода. Принципы следующие:

1. Макросы записываются в отдельных файлах, имена которых являются именем макроса.

2. Знак дефиса в вызове макроса соответствует разделителю каталога. Например, table-list соответствует файлу list.tpl в каталоге table.

3. Вызов макроса состоит из знака «%» в начале предложения, со следующим после него именем макроса. Заканчивается вызов знаком «;» как обычное предложение PHP.

```
$db_defs['customer'] => array(
  'title' => 'Покупатель',
  'fields' => array(
    'lastname' => array('string', 'Фамилия'),
    'firstname' => array('string', 'Имя'),
    'middlename' => array('string', 'Отчество'),
    'zip' => array('string', 'Почтовый индекс',
                  'db_type' => 'CHAR(6)'),
    'city' => array('link', 'Город', 'link_to' => 'city' ),
    'address' => array('string', 'Почтовый адрес'),
    'phone' => array('phone', 'Телефон'),
    'email' => array('email', 'Адрес эл. почты')
  );
```

Рис. 4. Описание структуры данных сущности «Покупатель» средствами PHP

```
if (!isset($cms_Transfer)) {
<? if (get_param('form_enable_return_url')) { ?>
  $cms_Transfer['return_url'] =
    htmlspecialchars(@strval($_GET['url']));
<? } ?>
  $cms_Transfer['message'] = '';
}
```

Рис. 5. Генерация кода при помощи встроенных средств PHP

```
%login-session
  login-body>login-logout>run_after = {
    // Гостевой вход
    $GLOBALS['cmsLoginExt'] = array('login' => 'Гость', 'id' = > 0);
    $GLOBALS['cmsLogin'] = $GLOBALS['cmsLoginExt']['login'];
  },
  login-is_user>replace = {
    return cmsLoginID() != 0;
  };
```

Рис. 6. Вызов макроса с двумя уточнениями

4. Вызываемый макрос может иметь произвольное число параметров, указываемых между именем макроса и знаком «%» в виде пар «имя параметра = значение параметра».

5. Имя параметра является алфавитно-цифровым идентификатором. Оно может содержать несколько префиксов, являющихся именами макросов и отделенных знаком «>». Каждый префикс обозначает зону действия параметра и последующей цепочки префиксов. Например, «table-list>db-list>query» означает установку параметра query в пределах вызова макроса «db-list», но только в случае обращения к нему в пределах вызова макроса «table-list».

6. Значение параметра может быть числом, строкой или одной из констант «false», «true», «null» в соответствии с синтаксисом PHP, а также блоком кода, заключенным в фигурные скобки (рис. 6).

7. Параметры «run_before» – инъекция кода в начале работы макроса, «run_after» – инъекция кода в конце работы макроса и «replace» – замещение кода макроса интерпретируется единовременно.

8. Остальные параметры являются каскадными и сохраняют свои значения при вызове суб-макросов.

9. Для получения доступа к значению параметра используется PHP-функция «get_param», вызываемая в управляющем PHP-коде (рис. 5).

Предварительные результаты нами оцениваются как успешные. Отметим, что в настоящий момент мы не располагаем достаточным количеством разработанных проектов, чтобы произвести полную всеобъемлющую оценку технологии, но по доступным на сегодня приводимым ниже оценкам продолжительность разработки проекта сокращается от 4 до 8 раз. В некоторых вырожденных случаях, когда информационная система целиком сводится к имеющимся шаблонам, сокращение времени разработки может достигать и десятков раз.

Разработка модуля риэлтерской базы для «time-is-money CMS» заняла 4 рабочих часа, ранее подобная работа, произведенная тем же программистом, потребовала около 20 рабочих часов.

Разработка модуля управления пользователями для «time-is-money CMS» первоначально заняла около 4 ч. Повторение этой задачи по новой технологии потребовало чуть менее 10 мин. Прирост производительности составил 24 раза. В этом случае задача была вырождена до шаблона «table-edit». Тем не менее, этот случай является крайним, так как реальные задачи обычно требуют дополнительных функций и особой проработки внешнего вида.

По описываемой методике создана проективная система «Тестосфера». На примере ее модулей можно проследить изменение объема кода. Модуль «tasks», по своему назначению типичный для ИС – это 139 строк (без учета пустых и незначащих) исходного кода модуля, против 800 строк PHP-кода, полученных в результате генерации и соответствующих прямому набору, и 214 строк в типовых HTML-шаблонах. Модуль «test» специфичен для тестовой оболочки – 153 строки описаний против 248 строк полученного PHP-кода и 98 строк HTML-кода.

Интересно отметить, что 139 строк первого модуля практически не требовали отладки, так как являются рутинным описанием требуемой функциональности с опорой на уже отлаженные шаблоны. Этим фактором объясняются и большие различия в объемах исходного и результирующего кода. В то же время 153 строки второго модуля потребовали длительной и кропотливой работы, так как они представляют собой уникальный код и слабо используют преимущества технологии.

Другой проект, полностью созданный по описываемой технологии, – это система дистанционного образования Заочной естественно-научной школы (сегодня http://zensh.pk-studio.ru/). Функциональность уровня технического задания была в этом случае создана за 2 недели. Как и в случае с «Тестосферой», основное время ушло на разработку тестирующей части, алгоритмы которой не имели аналогов в ранее создававшихся ИС.

Таким образом, в работе представлен эффективный подход к разработке ИС с Веб-интерфейсом на основе концепции метапрограммирования. Показано, что в настоящее время наиболее разумными являются ИС проективного типа (разработка и развитие системы происходит непрерывно и эволюционно), а их создание на основе предложенного подхода является эффективным с точки зрения производительности труда программиста.

Библиографический список

1. Курицкий, А. Б. Общие тенденции развития занятости и изменения характера труда в Интернет экономике [Электронный ресурс] : материалы междунар. интернет-конф. «Новые инфокоммуникационные технологии в социально-гуманитарных науках и образовании: современное состояние, проблемы, перспективы развития». Электрон. дан. М., 2002. Режим доступа: http://www.auditorium.ru/. Загл. с экрана.

2. Пак, Н. И. Проективный подход в обучении как информационный процесс : моногр. / Н. И. Пак ; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2008.

3. Graham, P. The Hundred-Year Language [Электронный ресурс] : сб. ст. Пола Грэма / P. Graham. Электрон. дан. М., 2004. Режим доступа: http://www.paulgraham.com/hundred.html. Загл. с экрана.

4. Graham, P. Holding a Program in One's Head [Электронный ресурс] : Сб. ст. Пола Грэма / P. Graham. Электрон. дан. М., 2004. Режим доступа: http://www.paulgraham.com/head.html. Загл. с экрана.

P. A. Koryagin

ABOUT APPROACH TO DEVELOPMENT OF WEB-BASED PROJECTIVE INFORMATION SYSTEMS

It is described a solution of the problem of improvement programmer's productivity in information system development. It is based on the author's approach, which lies in the field of metaprogramming.

УДК 004.891, 37.02

Д. Н. Буторин

РАЗЛИЧНЫЕ АСПЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННОЙ НА ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ

Разработана специальная система дистанционного обучения для более эффективной передачи опыта экспертов всем обучаемым. Новизна состоит в том, что система основана на решении проблемных ситуаций и является универсальной для многих предметных областей. Эксперты в предметной области формируют базу знаний, преподаватели создают задачи, а студенты учатся оптимально находить причины проблем. Система самообучается, используя информацию о ходе решения задачи, и выдает рекомендации преподавателю по методике обучения. Система реализована в виде web-приложения.

Основной проблемой исследования является развитие у обучаемых умений и навыков эффективных и оптимальных действий в условиях проблемных ситуаций. Увеличивающийся информационный поток, усложнение технических объектов обслуживания и развитие взаимосвязей между отдельными объектами различных систем выдвигают критерий эффективности и оптимальности действий при локализации проблем на первое место. Вместе с тем, решение проблемных ситуаций при обучении различным дисциплинам способствует развитию аналитического и логического мышления, необходимого во всех сферах практической деятельности. Кроме того, решение данной проблемы с возможностью развития навыков особенно важно в дистанционном обучении. Объектом исследования в работе выступает процесс приобретения навыков и опыта при решении проблемных задач в ходе изучения различных естественнонаучных дисциплин. Предметом исследования является технология реализации методики проблемного обучения для развития навыков эффективных и оптимальных действий с помощью специальной интеллектуальной обучающей системы в условиях дистанционного образования.

В настоящее время разрабатывается и создается интеллектуальная обучающая система открытого образования на основе проблемных ситуаций. Разработку данной системы можно воспринимать под разным углом. Доминируют два основных взгляда на систему. Во-первых, новизна ее состоит в воплощении интеллектуальности системы с помощью комплекса различных самообучающихся и адаптивных алгоритмов. Здесь можно говорить о технической стороне работы. Во-вторых, система рассматривается как инструмент реализации проблемного обучения. Цель ее состоит в представлении эффективности обучения с помощью обучающей системы как инструмента. Здесь можно говорить о методической стороне работы. С методической стороны деятельностные задачи, особенно направленные на преодоление проблем, являются наиболее эффективными. Разрабатываемая система является оригинальным воплощением методики проблемного обучения в дистанционном образовании.

Обучающая система ставит обучающегося на место эксперта, который, имея цель и противоречие, возникающее при достижении этой цели, должен найти причину проблемы. Система собирает информацию о поведении обучаемых при решении проблемных ситуаций, определяет класс задач, который задает преподаватель в тех или иных условиях. В итоге анализируется и выделяется наиболее оптимальная последовательность действий для обучения конкретного студента. Другими словами, система накапливает и анализирует преподавательский опыт и применяет его в автономном режиме обучения. В реальной практике формализованные знания могут сформировать эксперты в предметной области. Поэтому именно эта категория пользователей системы должна наполнять экспертную базу знаний проблемных ситуаций. Преподаватель, имея глубокие знания о методах и технологиях обучения, соединяет конкретные проблемные задачи с разделами того или иного курса и влияет на приобретение опыта обучаемыми, а также на эффективность самого процесса обучения. Вследствие этого, в данной обучающей системе происходит разделение пользователей на три группы: эксперты, преподаватели и студенты.

Описываемая обучающая система является ярким примером проективной стратегии обучения, основанной на принципе «многие-ко-многим» [1]. Здесь опыт многих экспертов используют множество преподавателей для обучения многих студентов. С учетом развития сети Интернет как глобального телекоммуникационного пространства подобную систему наиболее эффективно реализовывать в виде web-приложения. Система функционирует на основе экспертной базы знаний, которая реализована в реляционной базе данных. Вычислительные алгоритмы выполнены на платформе NET Framework. Обучающая система устроена так, что она позволяет моделировать проблемные ситуации и технологию их устранения. Предлагаемая универсальная компьютерная система будет иметь отличия как от реальных жизненных условий, так и от узкоспециализированных имитационных тренажеров и представлять нечто среднее. Анализируя возможные типы проблемных ситуаций в различных источниках [2–4], можно сделать вывод, что существует несколько основных их видов: поиск цели, поиск способа действий, поиск недостающего условия, определение проблемы. Одним из наиболее распространенных видов является поиск недостающего условия, поэтому он реализован в системе в первую очередь. Если обучаемый имеет достаточный опыт в предметной области, то, используя инструменты проверок предположений и запуска запросов для определения выполняемости гипотез, возможно точно и оптимально выявить причину проблемы в задаче. Основываясь на показателях оптимальности решения, характери-

стиках задачи и самого обучаемого, выносится решение о типах и методах воздействия на студента.

В основе структуры знаний лежат два типа объектов – цель и условия для ее достижения. Формально структура выражается в продукционных правилах или в виде древовидной структуры. Каждый узел данного дерева (рис. 1) представляет собой цель, для достижения которой необходимо выполнение конкретных условий. Каждое условие может быть простым или сложным, т. е. требовать для своего выполнения более глубокие условия.

В данной системе предусмотрены узлы следующих типов:

– обычное условие – условие для цели в обычном его понимании;

– альтернатива – данный тип условия необходим в сложных ситуациях, когда цель может выполняться на различных множествах альтернативных условий. Например, цель «передача данных по сети» требует различных условий в зависимости от типа сети («Ethernet», «Wi-Fi» и т. д.). В конкретной создаваемой задаче работает только одна групп альтернатив в каждом уровне целей;

– группа условий – узел, группирующий множество условий.

Все условия цели должны удовлетворять следующим требованиям:

1) неизбыточность – не должно быть лишних условий, без которых цель и так выполняется;

2) непротиворечивость – одновременное выполнение условий не должно приводить к противоречиям;

3) независимость – выполнение некоторого условия не должно зависеть от одного или нескольких условий, принадлежащих данной цели.

Таким образом, каждое условия должно быть атомарным, независимым, и как можно более простым. Если некоторое условие или условия не выполняются относительно некоторой цели, возникает проблема (противоречие, ошибка, неполадка). Формирование базы проблемы происходит на основе таблицы с полями: цель, отсутствующее условие, проблема. На основе этой базы данных определяются проблемы для конкретной задачи, а также вычисляются основные ее характеристики, например, сложность. Базу знаний вместе с базой проблем создают эксперты в предметной области. Проблемную задачу создает преподаватель, данный процесс состоит из нескольких шагов: выбор исходной цели, выбор альтернативных ветвей, выбор отсутствующего условия или условий. Эти данные совместно с дополнительной информацией оформляются в виде задачи. Перед началом решения задачи студент видит исходные данные: цель задачи и описание проявления проблемы. После начала решения задачи обучаемому становятся доступными инструменты решения задачи. Вся технология ее решения сводится к поиску проблемы, т. е. отсутствующего условия или условий, если их несколько, используя при этом дополнительную информацию о выполнении других условий. Поиск условий производится по ключевым словам, а в виде результата возвращается информация о том, выполняется условие или нет. В ходе проведения проверок анализируется информация об оптимальности действий студента. Так, оптимальными проверками считаются те, которые уменьшают степень неопределенности причины проблемы. При обучении контролируются параметры самой задачи, а также изменяющиеся характеристики обучаемых. Контролю подлежат следующие параметры задач:

1) глубина условия – номер уровня от цели, на котором находится отсутствующее условие;

2) сложность задачи – количество условий, при невыполнении которых относительно данной цели возникает аналогичная проблема;

3) трудоемкость задачи – количество невыполненных условий в задаче.

Вычисляются следующие параметры студентов по решенным задачам:

– уровень оптимальности, т. е. отношение количества относящихся к локализации проблемы проверок к общему числу проверок;

– среднее приращение неопределенности причины проблемы в задачах;

– среднее количество нерешенных задач.

В ходе работы системы контролируются также примененные воздействия. В результате анализа статистической информации имеется возможность определить оптимальную серию воздействий. Это даст возможность эмулировать действия преподавателя по обучению студентов в зависимости от начального состояния обучаемого. Для решения этой задачи разработаны два режима работы системы: режим обучения с учителем и автономный самообучающийся режим. Первые несколько циклов работы система функционирует в режиме обучения с учителем (рис. 2). При накоплении достаточного объема данных и формировании четко выраженной модели обучения система переводится в автономный режим работы. В данном режиме система лишь корректирует модель, продолжая самообучаться [5]. На первом этапе этого режима собирается информация об обучаемых на основании решенных проблемных задач. Массив данных кластеризуется на N кластеров, чтобы выделить определенные группы обучаемых, на которых возможно действовать одним и тем же методом.

При первом проходе цикла после этапа кластеризации данных построение модели переходов пропускается и происходит только на следующем цикле. Далее система вычисляет, из каких кластеров в какие перешли студенты. На каждом цикле вероятности переходов уточняются с помощью вычисления средневзвешенного значения на основе предыдущего и текущего значений. С течением времени образуется сложная сетевая структура переходов обучаемых (рис. 3).

Аналитическая информация предоставляется учителю, он выбирает способы воздействия на обучаемых. Методы воздействия заключается в задании новых задач, указании ссылок на теоретический материал и т. д. Когда модель переходов приобретает ярко-выраженный характер, система переводится в режим автономного обучения. В этом случае этап построения модели заменяется корректировкой модели, она производится с учетом новых данных. Определение воздействий происходит на основании методов оптимизации.

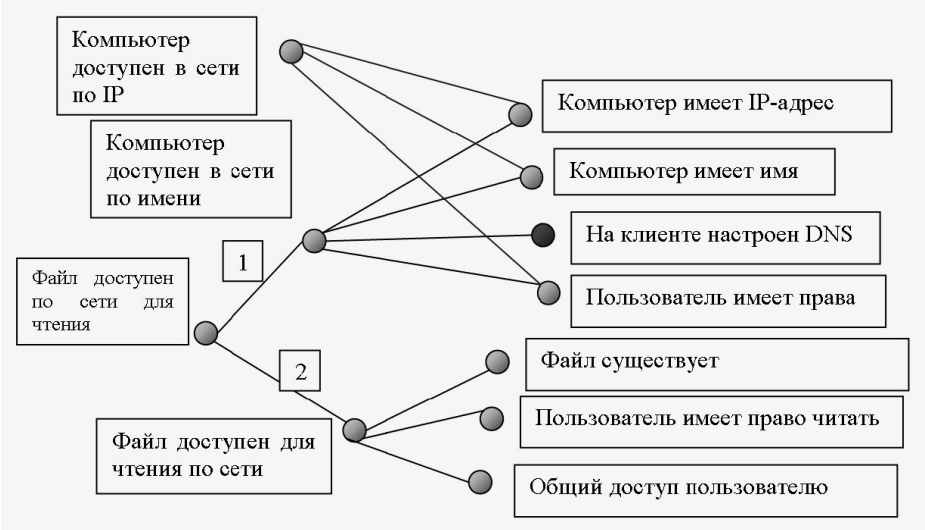


Рис. 1. Схема фрагмента дерева базы знаний

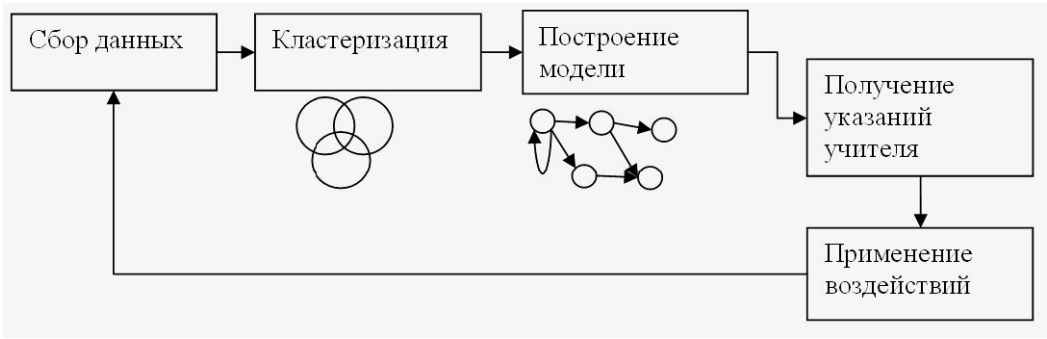


Рис. 2. Схема обучения системы

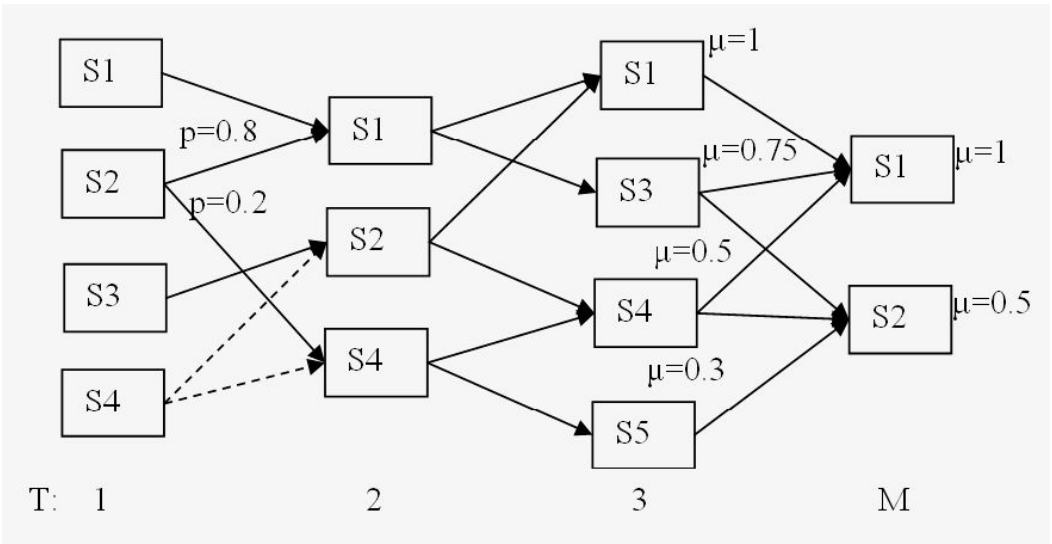


Рис. 3. Общая структура переходов обучаемых между кластерами во времени

Выбор серии воздействий на основе модели переходов можно рассматривать как оптимизацию стохастического процесса с дискретным контролем времени при нечетко заданных условиях. Данная задача решается методом Беллмана–Заде [6]. Начальные условия для процесса оптимизации задаются преподавателем в виде указания функции принадлежности наиболее предпочтительного кластера студентов. Чем ближе значение этой функции к единице, тем большее имеется желание, чтобы данный кластер был конечным в процессе обучения студента. Система вырабатывает последовательность действий с любого момента времени для обучаемого из любого кластера.

Основными алгоритмами системы являются следующие:

1) автоматическая кластеризация объектов в *N*-мерном пространстве;

2) автоматическое решение задачи оптимизации стохастического процесса методом Беллмана–Заде;

3) вычисление уровня оптимальности решения задачи.

В качестве алгоритма автоматической кластеризации выбран «горный» алгоритм [7], так как он позволяет произвести автоматическую кластеризацию при отсутствии информации о количестве кластеров. Для оптимизации центров кластеров используется алгоритм *k*-средних [7; 8]. Оптимальное количество кластеров выбирается исходя из минимума отношения среднего внутрикластерного расстояния и среднего межкластерного расстояния [9]. Общая схема алгоритма выглядит следующим образом:

1. Определить центр *N*-го (1-го) кластера.

2. Оптимизировать центр по алгоритму *k*-средних.

3. Определить отношение c_n среднего внутрикластерного расстояния и среднего межкластерного расстояния.

4. Если $c_n < c_{n-1}$, то остановить кластеризацию, иначе вернуться к п. 1.

Работа алгоритма Беллмана–Заде заключается в определении оптимальной последовательности воздействий и переходов между состояниями в определенные моменты времени для достижения наиболее желаемого класса. Критерием в данном случае служит мнение учителя. В базе данных хранится информации об обучаемом и протокол событий, в котором указывается в какие моменты времени, в каких классах находился обучаемый, а также каким методом в этот момент на него воздействовали. На основе этих данных формируется модель переходов, затем алгоритм Беллмана–Заде рассчитывает оптимальную последовательность переходов.

За каждой проверкой пользователя необходимо вычислить оптимальность его действий. В начале решения задачи уровень неопределенности причины принимается равным 1, и с каждым шагом она должна снижается до 0. Если значение не меняется, значит обучаемый действует неоптимально. Подозреваемое условие – это такое простое условие, невыполнение которого приводит к появлению той же проблемы, что и в данной задаче.

Алгоритм действий:

1. Пусть текущая проверка покрывает n_0 условий из *N*. Естественно, n_i натурально всегда. Имеем два варианта:

1.1. В множестве затронутых условий есть истинная причина. Тогда за $n_0 + 1$ шагов мы однозначно можем проверить n_0 проблем и локализовать задачу полностью, т. е. снизить неопределенность причины проблемы до 0. Соответственно, этот шаг снижает неопределенность решения задачи до следующего значения:

$$p_1 = p_0 - \frac{1}{n_0 + 1},$$

где p_0 – текущая неопределенность (в начале решения равно 1).

Каждое из покрытых условий будет локализовано на $c_i = \frac{1}{n_0 + 1}$.

1.2. В множестве условий нет истинной причины. Тогда каждое из n_0 условий будет локализовано на 1, так как среди них точно нет истинной причины и их можно исключить из дальнейшего рассмотрения. Общий уровень неопределенности будет равен

$$p_1 = p_0 - \frac{n_0}{N},$$

где *N* общее количество условий, вызывающих аналогичную проблему.

2. Реализуя следующую проверку, имеем ряд вариантов:

2.1. Пусть проверка покрыла n_1 условий, где $n_1 < n_0$, т. е. множество покрываемых условий сузилось относительно одного из предыдущих покрытий.

2.1.1. Если причина проблемы присутствует в покрытии, то через n_1 шагов неопределенность уменьшится на $p_2 = p_1 - \left(\sum_{i=1}^{n_1} (1 - c_i) \right) / n_1$, где c_i – уровень локализации *i*-го условия из множества условий n_1. Уровень локализации каждого условия будет равен $c_1 = \frac{1 - c_0}{n_1 + 1} = \frac{n_0}{(n_0 + 1)(n_1 + 1)}$, или $c_k = \frac{1 - c_{k-1}}{n_k + 1}$. В начале решения $c_0 = 0$.

2.1.2. Если причина отсутствует во множестве условий покрытия, то уровень локализации каждого условия дополняется до 1, а общий уровень неопределенности уменьшается на следующее значение: $\frac{\sum_{i=1}^{n_1} (1 - c_i)}{n_1}$.

2.2. Пусть $n_1 \cap n_0$, т. е. множество покрываемых условий пересекается относительно одного из предыдущих покрытий.

2.2.1. Если причина проблемы присутствует в покрытии, тогда для тех условий, которые находятся в пересечении, уровень локализации вычисляется аналогично п. 2.1.1. Для тех, у которых уровень локализации равен нулю, вычисляется как в п. 1.1.

2.2.2. Если причина отсутствует во множестве покрытия, то аналогично п. 2.1.2.

2.3. Пусть $n_1 > n_0$, т. е. множество покрываемых условий расширилось относительно одного из предыдущих покрытий. Это означает, что шаг не приносит никакого уменьшения неопределенности, и она остается прежней.

Все последующие проверки осуществляются аналогично. Выражение $\frac{1}{n_k + 1}$ всегда меньше единицы, а $c_i \to 1$, когда $i \to \infty$. То есть любую задачу можно локализовать и снизить неопределенность p_i с 1 до 0.

Как известно, образовательной технологией называется комплекс, состоящий из следующих элементов:

1) некоторого представления планируемых результатов обучения;

2) средств диагностики текущего состояния обучаемых;

3) набора моделей обучения;

4) критериев выбора оптимальной модели для данных конкретных условий.

Описываемая обучающая система требует информацию лишь о первом пункте. Средства диагностики представляются самой системой, набор моделей формируется в процессе накопления данных, критерии выбора оптимальной модели вычисляются с помощью методов оптимизации стохастических процессов с дискретным контролем времени.

Обучающая система находит применение в двух формах: как специальная система дистанционного обучения и как дополнительный инструмент классического обучения. В первом варианте взаимодействие преподавателя и обучаемого происходит только с помощью обучающей системы. Во втором – преподаватель применяет систему как инструмент решения задач в обычной практике. Данная система внедряется на кафедре информатики и вычислительной техники Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева, а также на кафедре информатики в Ачинском филиале КГПУ на курсах Архитектуры ЭВМ и Компьютерные сети. Система доступна по адресу http://pl96.achcity.com/tree.

В результате проведенного исследования разработаны оригинальная технология обучения на основе проблемных ситуации и специальная интеллектуальная обучающая система на основе адаптивных алгоритмов. Основная особенность и новизна обучающей системы состоит в том, что, обучаясь в процессе обучения студентов, система накапливает информацию об успешных методиках, и далее может как самостоятельно применять их, так и предлагать учителю набор эффективных управляющих воздействий. В этом плане система включает в себя функции управления процессом обучения. Уникально и то, что небольшая начальная экспертная информация в базе знаний позволяет преподавателю выстраивать сравнительно большое число проблемных ситуаций, которые охватывают широкий диапазон тем по различным дисциплинам обучения. Важнейшим показателем эффективности применения этой специальной обучающей системы является существенная индивидуализация обучения. После исследования индивидуальных характеристик конкретного обучаемого в любой момент времени, система способна показать, какими сериями воздействий обучать его наиболее эффективно, а какие последовательности использовать не стоит. Здесь можно говорить о системе в контексте обучения учителя – это еще одно важное свойство данной разработки является весьма новым для обучающих систем подобного рода.

Библиографический список

1. Пак, Н. И. О роли информационного моделирования в информационных процессах / Н. И. Пак // Проблемы формирования информационно-коммуникационной компетентности выпускника университета начала XXI века : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Пермь, Перм.ун-т, 13–15 ноября 2007 г.) / Перм. ун-т. Пермь, 2007. 549 с.

2. Брызгалова, С. И. Проблемное обучение в начальной школе : учеб. пособие / С. И. Брызгалова ; Калининград. ун-т. Калининград, 1995. 72 с.

3. Брызгалова, С. И. Проблемное обучение в начальной школе : учеб. пособие / С. И. Брызгалова ; Калининград. ун-т. 2-е изд., испр. и доп. Калининград, 1998. 91 с.

4. Гребенюк, О. С. Общая педагогика : курс лекций / О. С. Гребенюк ; Калининград. ун-т. Калининград, 1996. 107 с.

5. Буторин, Д. Н. Применение методов оптимизации стохастических процессов с дискретным контролем для решения задачи автоматизированного обучения в образовательном процессе / Д. Н. Буторин // Информатизация педагогического образования : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 29–31 января 2007 г.) / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т». Екатеринбург, 2007. Ч. 1. 259 с.

6. Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Р. Беллман, Л. Заде // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М. : Мир, 1976. С. 172–215.

7. Штовба, С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / С. Д. Штовба. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.tspu.tula.ru/ivt/lcopy/Matlab_RU/fuzzylogic/book1/index.html. Загл. с экрана.

8. Николенко, С. Алгоритмы кластеризации II [Электронный ресурс] / С. Николенко. Элнктрон. дан. Режим доступа: // http://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/index.php. Загл. с экрана.

9. Николенко, С. Алгоритмы кластеризации I [Электронный ресурс] / С. Николенко. Элнктрон. дан. Режим доступа: http://logic.pdmi.ras.ru/~sergey/index.php. Загл. с экрана.

D. N. Butorin

DIFFERENT ASPECTS OF INTELLECTUAL TEACHING SYSTEM BASED ON PROBLEM SITUATION

Special system of remote teaching based on problem situation is developed. The novelty of research is that the system is based on problem situations and universal for many domains. This system allows to transfer experiences of experts from an expert to a student and makes this process more effectively. Domain experts form a knowledge base, teachers create tasks, and students solve tasks. This system is self-learning system. It learns and gives to teacher advice about method of teaching. Teaching system develops as web-application.

УДК 624.45:93

М. В. Краев, В. П. Назаров

ОСНОВОПОЛОЖНИК ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

К 100-летию со дня рождения академика В. П. Глушко

Рассматриваются основные этапы жизни и творческой деятельности выдающегося ученого и конструктора ракетно-космических двигателей, академика В. П. Глушко. Представлен его вклад в развитие отечественной и мировой космонавтики. Проведен анализ научно-технических тенденций развития ракетно-космического двигателестроения.

Научно-техническая общественность России и многих зарубежных стран готовится достойно отметить знаменательную дату – столетие со дня рождения выдающегося ученого и конструктора XX в., основоположника отечественного ракетно-космического двигателестроения академика Валентина Петровича Глушко.

В. П. Глушко родился 2 сентября 1908 г. в Одессе. В юные годы, обучаясь в одесской профессионально-технической школе, он увлекся фантастической идеей межпланетных путешествий. Это увлечение очень быстро превратилось в твердое убеждение – посвятить свою жизнь осуществлению космических полетов. Уже тогда он уяснил, что для серьезной реализации этой мечты необходимы глубокие знания и исключительная целеустремленность. Свой путь в космонавтику В. П. Глушко начал с изучения астрономии и наблюдений звездного неба в Первой государственной астрономической обсерватории Одессы. Проявляя незаурядные организаторские способности, он создал под своим руководством «Кружок молодых мироведов», который активно занимался изучением фундаментальных естественно-научных и прикладных проблем. О серьезности увлечения В. П. Глушко свидетельствуют собранные им в те годы материалы для написания двух научных книг. Издание их в те годы не состоялось, однако сохранившиеся материалы и сейчас, по отзывам специалистов, представляют интерес.

Огромное влияние на формирование научного мировоззрения В. П. Глушко оказало его знакомство с трудами К. Э. Циолковского. Между ними установилась переписка, которая продолжалась несколько лет. К. Э. Циолковский высылал в Одессу В. П. Глушко издания своих трудов, высказывал рекомендации и советы по практическому применению теории космических полетов. Переписка юного энтузиаста космонавтики В. П. Глушко и ученого-теоретика К. Э. Циолковского – это уникальное явление в истории отечественной науки.

В 1925 г. В. П. Глушко поступил на физико-математический факультет Ленинградского университета. «Мир университета увлек меня, перенеся в новое поле деятельности, приближавшее к заветному будущему, когда я мог бы посвятить себя целиком работе над осуществлением мечты», – писал В. П. Глушко. В те годы он с увлечением, в подлиннике, прочел труды зарубежных пионеров ракетной техники: Р. Годдарда, Р. Эно-Пельтри, Г. Оберта.

После завершения учебы в университете В. П. Глушко начал работать в Ленинградской газодинамической лаборатории (ГДЛ). Здесь им разрабатывалась серия жидкостных ракетных двигателей ОРМ – опытных ракетных моторов, исследовались способы химического зажигания, возможности использования разных видов топлива, изучалось влияние степени профилирования сопла на характеристики двигателя, проводились огневые стендовые испытания ЖРД. Эти двигатели были предназначены для ракет вертикального взлета, ускорителей самолетов, морских торпед.

В 1933 г. в Москве на базе ГДЛ и московской Группы по изучению реактивного движения был создан первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ). В. П. Глушко переехал в Москву и возглавил в РНИИ отдел по разработке ЖРД. В этот период им были проведены обширные научно-исследовательские работы в области определения эффективности ракетных топлив, расчета профиля сверхзвукового сопла, выбора струйных и центробежных форсунок для качественного распыла жидкого топлива, расчета охлаждения огневой стенки камеры двигателя. Именно в РНИИ началась совместная деятельность С. П. Королева и В. П. Глушко, определившая на многие годы основополагающее направление развития ракетной техники и космонавтики в нашей стране.

У С. П. Королева и В. П. Глушко были обширные творческие планы по созданию перспективных ракетных двигателей, крылатых и баллистических ракет. Однако в тот период их планом не суждено было претвориться в жизнь. По ложному обвинению в 1938 г. они были арестованы и репрессированы.

Находясь в заключении, В. П. Глушко работал сначала на одном из подмосковных авиазаводов, а затем на авиазаводе в Казани. Здесь он возглавил специальное КБ по разработке реактивных ускорителей для самолетов. Под руководством В. П. Глушко в годы Великой Отечественной войны были разработаны, испытаны и переданы в серийное производство ракетные двигательные установки РД-1, РД-1ХЗ, РД-2, которые устанавливались в качестве ускорителей на самолеты Пе-2, Ла-7, Як-3, Су-6.

В 1945 г. В. П. Глушко создал и возглавил в Казанском авиационном институте первую в СССР кафедру ракетных двигателей. В ее состав вошли выдающиеся специалисты-ракетчики: С. П. Королев, Г. С. Жирицкий, Д. Д. Севрук.

В этом же году В. П. Глушко в составе группы советских специалистов, занимавшихся вопросами ракетной техники, был командирован в Германию для поисков и изучения немецких боевых ракет V-2. Богатый опыт и инженерная интуиция позволили В. П. Глушко быстро разобраться в особенностях конструкции двигателей V-2, их технических характеристиках, условиях производства и эксплуатации.

После возвращения из Германии В. П. Глушко были сформулированы и направлены в Правительство СССР предложения о создании в нашей стране крупной конструкторской организации и опытного завода для проектирования и производства ракетных двигателей. Инициатива В. П. Глушко получила поддержку руководства страны, и в 1946 г. в подмосковном городе Химки на базе бывшего авиационного завода было организовано ОКБ-456, ныне знаменитое Научно-производственное объединение «Энергомаш». В. П. Глушко был его бессменным Главным конструктором с первого дня и до 1974 г.

В послевоенные годы коллективом ОКБ-456 под руководством В. П. Глушко были разработаны двигатели РД-100, РД-101, РД-103М, которые устанавливались на баллистические ракеты Р-1, Р-2, Р-5, Р-5М конструкции С. П. Королева. Во многом эти двигатели по своей конструкции и техническим параметрам еще напоминали двигатели немецкой ракеты V-2. Однако В. П. Глушко понимал, что для дальнейшего улучшения характеристик отечественных ЖРД нужны принципиально новые решения. Необходимо было увеличить давление в камере сгорания, перейти на более эффективное топливо, улучшить условия смесеобразования и распыла топливных компонентов и т. д. В результате напряженных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ удалось разработать новую конструкцию охлаждающего тракта камеры двигателя, создать оригинальную схему расположения форсунок в смесительной головке, значительно уменьшить массово-габаритные параметры камеры ЖРД.

Накопленный научно-технический потенциал позволил ОКБ-456 под руководством В. П. Глушко перейти к созданию ракетных двигателей качественно нового уровня. В 1957 г. прошло первое летное испытание новой отечественной мощной межконтинентальной ракеты Р-7 конструкции С. П. Королева с двигателями РД-107 и РД-108 конструкции В. П. Глушко. На этих двигателях осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли, полет первого в мире космонавта Ю. А. Гагарина, запуски автоматических станций для полетов Луну, Венеру, Марс, пилотируемых кораблей и «Восток», «Восход», «Союз».

Созданные более 50 лет назад двигатели РД-107 и РД-108 постоянно совершенствуются и продолжают активно работать в интересах российской и мировой космонавтики. Именно на них осуществляются запуски пилотируемых космических кораблей с космодрома «Байконур».

В период 60–70-х гг. прошлого столетия в ОКБ В. П. Глушко была создана серия ЖРД на высококипящих окислителях (азотная кислота, азотный тетроксид) с керосином, а затем и с несимметричным диметилгидразином (НДМГ). Это долгохранимые топлива, так как заправленные ими ракеты могут длительное время находиться в боевой готовности. Созданные с использованием таких двигателей ракеты шахтного базирования составили основу оборонного потенциала нашей страны.

Разработка и создание ЖРД на высококипящих окислителях шли в ОКБ особенно успешно и быстро. Так, например, азотнокислотный двигатель РД-214 с тягой 74 тс в пустоте летал с 1957 г., а с 1962 по 1977 гг. использовался на первой ступени ракет-носителей «Космос». На второй ступени этой ракеты использован работающий на кислороде с несимметричным диметилгидразином двигатель РД-119 тягой 11 тс в пустоте и с рекордным для схемы без дожигания удельным импульсом 352 с, созданный в 1958–1962 гг. Разработанные в 1958–1961 гг. двигатели РД-218 и РД-219 соответственно тягой 226 и 90 тс на первой и второй ступенях ракеты Р-16 работали на самовоспламеняющемся топливе (азотная кислота с несимметричном диметилгидразином) и обеспечивали удельный импульс соответственно 246 и 293 с.

В 1959–1962 гг. в ОКБ В. П. Глушко для ракеты Р-9 был создан кислородно-керосиновый двигатель РД-111 с четырьмя качающимися камерами. Тяга в пустоте – 166 тс, удельный импульс в пустоте – 317 с, давление в камере – 80 кг/см^2 . Привод ТНА – от газогенератора, работающего на основных компонентах с избытком горючего.

В дальнейшем ОКБ В. П. Глушко с целью ликвидации потерь на привод ТНА перешло на создание двигателей с дожиганием генераторного газа. Такая схема была использована на однокамерном двигателе РД-253; топливо – азотный тетроксид (АТ) с несимметричном диметилгидразином. Давление в камере – 150 кг/см^2, в магистралях – до 400 кг/см^2 , тяга в пустоте – 166 тс, удельный импульс – 316 с. Период разработки – 1962–1965 гг. Шесть таких двигателей установлены на первой ступени ракеты-носителя «Протон» и они безотказно работают уже в течение более четырех десятилетий. «Протон» обладает значительно большей грузоподъемностью, чем «Союз» и отличается высокими эксплуатационными и энергетическими характеристиками; им решен ряд важнейших задач, связанных с исследованием Луны, Венеры и Марса, в том числе «Протон» обеспечил программу полета к Луне с взятием грунта и его доставкой на Землю.

Для российской школы создателей жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), которую долгие годы возглавлял академик В. П. Глушко, характерно стремление к максимально полному использованию энергии химического топлива и получению максимального удельного импульса.

Мощные ЖРД устанавливаются на первых ступенях ракет-носителей. Тяга таких единичных двигателей составляет 100–800 т. Поскольку двигатели работают с уровня Земли, то, естественно, давление продуктов сгорания на срезе их сопел ограничено: оно не может быть намного меньше атмосферного. В противном случае в сопло входит скачок уплотнения, и тогда возможны отрывы потока и, как следствие, прогары сопел. Это означает, что при выбранной паре

компонентов топлива увеличить удельный импульс можно, только повышая степень расширения продуктов сгорания в сопле. В мощных ЖРД первых ступеней подобное достигается путем увеличения давления в камере сгорания.

Динамику освоения высоких давлений (рис. 1) и получения максимальных удельных импульсов (рис. 2) можно проследить на примере двигателей, разработанных в НПО «Энергомаш» и за рубежом.

Из рисунков видно, что более высокое давление в камерах сгорания российских ЖРД позволяют обеспечить большую степень расширения продуктов сгорания в соплах и, следовательно, повышенные удельные импульсы тяги двигателей. Такие ЖРД установлены практически на всех российских космических ракетах и на многих ракетах стратегического назначения.

Использование замкнутой схемы и освоение высоких давлений с целью получения максимальных удельных импульсов тяги стало основным направлением в создании российских ЖРД и для мирного космоса, и для стратегических ракет оборонного назначения. Так, на стратегической ракете Р-36М («Сатана») установлен двигатель РД-264 с давлением в камере сгорания 210 кг/см^2, а на ракетах-носителях «Зенит» и «Энергия» – двигатели РД-171 и РД-170 с давлением в камере сгорания 250 кг/см^2.

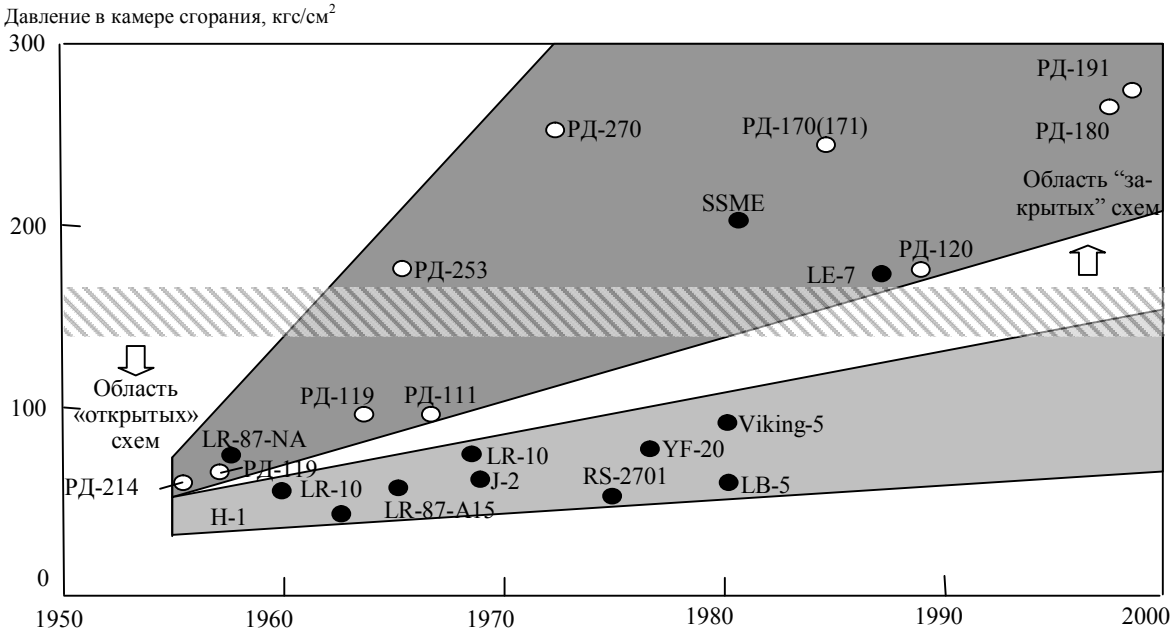


Рис. 1. Изменения со временем величины давления в камерах сгорания ЖРД:
○ – разработки НПО «Энергомаш»; ● – двигатели зарубежных стран

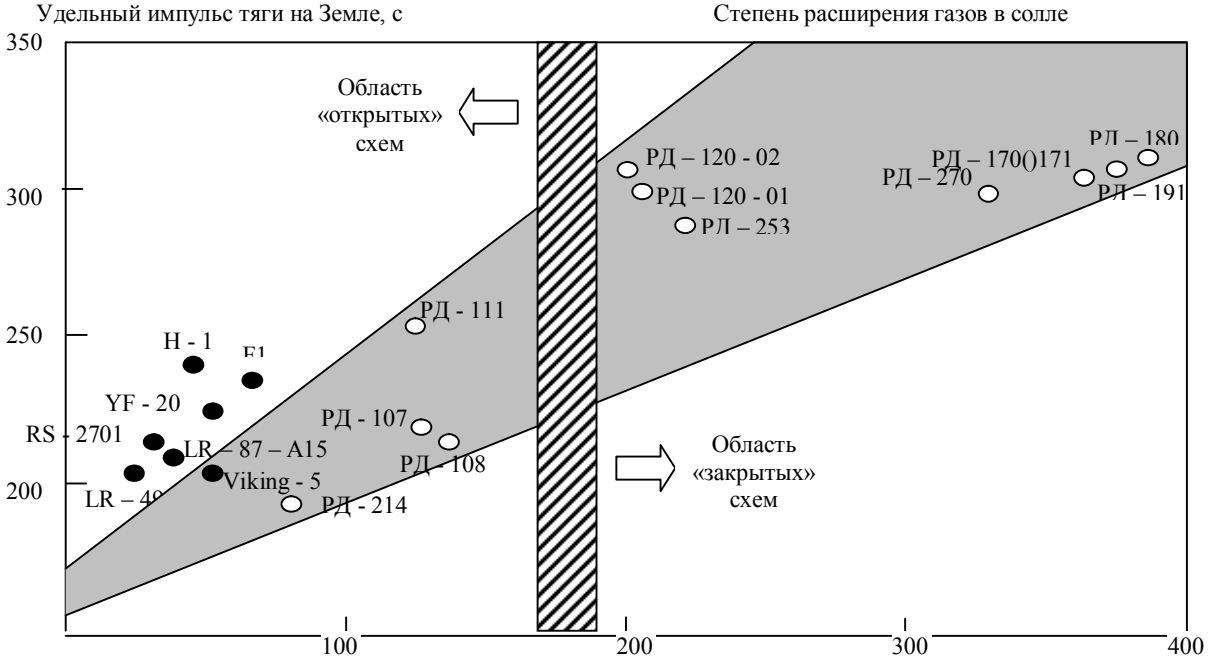


Рис. 2. Зависимость удельного импульса тяги от степени расширения газов в сопле ЖРД:
○ – разработки НПО «Энергомаш»; ● – двигатели зарубежных стран

Все научно-технические достижения и конструкторские решения НПО «Энергомаш», которые были получены при разработке мощных и надежных двигателей замкнутых схем, стали основой для определения перспективных направлений развития ЖРД на ближайшие десятилетия. Главное в том, что на нетоксичных, экологически безопасных, энергетически эффективных и относительно дешевых компонентах топлива освоены и реализованы методы конструирования и доводки высоконадежных агрегатов ЖРД: камер сгорания, газогенераторов и турбонасосных агрегатов.

Использование перечисленных разработок в ряде других двигателей повысило надежность и эффективность всех разработок. Примером может служить двигатель НПО «Энергомаш» РД-180, имеющий тягу 400 т. Он построен на базе универсальной 200-тонной камеры сгорания и двухзонного газогенератора. Проект этого двигателя был представлен на объявленном в 1995 г. корпорацией «Локхид-Мартин» (США) конкурсе по выбору кислородно-керосинового двигателя для модернизации американской ракеты-носителя «Атлас». Российский проект оказался победителем тендера, продемонстрировав преимущество отечественных двигательных технологий.

Двухкамерный двигатель РД-180 (рис. 3) с давлением в камере сгорания 260 кг/см^2 был создан в рекордно короткие сроки. Через три года и десять месяцев после заключения контракта на разработку двигателя состоялся первый успешный коммерческий полет ракеты «Атлас III» с российским двигателем РД-180. Во время полета были продемонстрированы высокие энергетические характеристики и, что особенно важно, возможность изменения в широком диапазоне тяги двигателя. Это позволяет оптимизировать и уменьшить нагрузки на элементы конструкции ракеты и спутника на разных участках траектории.

В процессе создания двигатель РД-180 был сертифицирован для использования в ракетах-носителях «Атлас» легкого, среднего и тяжелого классов. Сегодня такого результата можно достичь, применяя только российские технологии. К настоящему времени успешно осуществлено семь запусков американских ракет-носителей «Атлас» легкого и среднего классов с российскими двигателями РД-180.

Новейшей разработкой кислородно-керосинового двигателя является РД-191 НПО «Энергомаш» для перспективной российской ракеты-носителя «Ангара», первая ступень которой строится из универсальных ракетных модулей. Каждый модуль оснащается 200-тонным двигателем, в котором используется одна универсальная камера сгорания – та же, что и в двигателях РД-170 и РД-180. Двигатель РД-191, в который заложены элементы многоразовости, проходит первый этап доводочных испытаний, проверяются новые решения по управлению потоками рабочих тел и вектором тяги, а также возможность уменьшения тяги двигателя до 30 % номинальной.

Таким образом, можно констатировать, что сегодня первые ступени российских ракет-носителей обеспечены на десятилетие вперед семейством мощных кислородно-керосиновых ЖРД, построенных на базе высоконадежной многоразовой универсальной камеры сгорания. В зависимости от необходимой мощности двигателя в нем используется четыре (РД-170 и РД-171), две (РД-180) или одна (РД-191) камера.

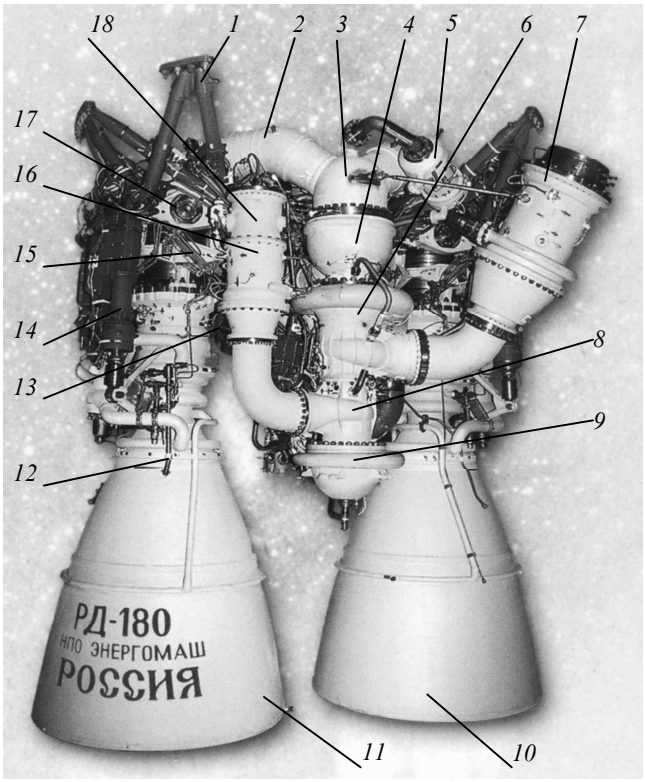


Рис. 3. Двигатель РД-180:
1 – рама; *2* – блок газоводов; *3* – выхлопной коллектор турбины; *4* – турбина; *5* – теплообменник; *6* – насос окислителя; *7* – бустерный насосный агрегат окислителя; *8* – насос горючего первой ступени; *9* – насос горючего второй ступени; *10*, *11* – вторая и первая камеры двигателя; *12* – эжектор; *13* – пусковой бачок; *14* – рулевой привод; *15* – гибкие элементы; *16* – бустерный насосный агрегат горючего; *17* – траверса; *18* – разделительный клапан

Разносторонне талантливый, В. П. Глушко не замыкался только на технической стороне создания двигателей и ракет. Большое внимание он уделял работам по исследованию характеристик ракетных топлив, возглавлял научный совет по жидкому ракетному топливу при Президиуме Академии наук СССР, привлекая к работе широкий круг научных организаций. В результате многолетней работы с 1956 по 1982 гг. было выпущено 40 томов справочных изданий, содержащих богатейшую информацию по свойствам различных веществ. Эти издания широко используются у нас в стране и за рубежом.

Академиком В. П. Глушко было создано принципиально новое научное направление в области фундаментальных и прикладных наук. Следуя его примеру многие молодые ученые и инженеры выбрали сферой своей научно-технической и производственной деятельности ракетное двигателестроение. Как о своем первом учителе в ракетной технике говорил о В. П. Глушко выдающийся главный конструктор космических и ракетных двигателей Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР

А. М. Исаев. Эти же слова могут повторить и многие другие двигателисты нашей страны.

Всегда занятый решением научно-производственных вопросов, В. П. Глушко находил время и для общественной работы. Многие годы он избирался депутатом Верховного Совета СССР, добросовестно выполнял свой долг перед избирателями, активно участвовал в решении важнейших государственных и социальных проблем. Однако его имя не было широко известно в нашей стране и за рубежом, так же как не были известны имена других выдающихся создателей оборонной техники. Только после смерти В. П. Глушко в 1989 г. появились первые публикации о его жизни и творческой деятельности.

Выдающиеся заслуги В. П. Глушко были отмечены высокими наградами государства. Он является дважды Героем Социалистического Труда, лауреатом Ленинской и Государственных премий СССР, награжден пятью орденами Ленина, орденом Октябрьской революции, другими орденами и медалями, в том числе Золотой медалью им. К. Э. Циолковского АН СССР. Он был действительным членом Академии наук СССР и Международной академии астронавтики, председателем и членом многих научных советов.

Имя Валентина Петровича Глушко, пионера и выдающегося творца ракетно-космической техники, в августе 1994 г. решением XXII-й Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза было присвоено кратеру на заповедной видимой стороне Луны в одном ряду с именами величайших исследователей мира – Н. Бора, Г. Галилея, Д. Дальтона, А. Энштейна.

4 октября 2001 г. в Москве на Аллее Героев космоса был открыт памятник выдающемуся ученому и конструктору современности, одному из основоположников отечественного ракетостроения академику Валентину Петровичу Глушко. Теперь, в дополнение к небесному мемориалу, на Аллее Героев космоса установлен земной памятник выдающемуся нашему современнику, инженеру и ученому с мировым именем.

Памятник В. П. Глушко стоит в одном ряду с памятниками академикам С. П. Королеву и М. В. Келдышу. Каждый из них внес свой вклад в мировую науку и космическую технику, взаимно дополняя и завершая работу другого. И это подчеркивается групповым ансамблем памятников нашим выдающимся соотечественникам-ракетостроителям и космонавтам-первопроходцам космических трасс, память о которых сохранится в веках.

Библиографический список

1. Арлазаров, М. С. Дорога на космодром / М. С. Арлазаров. М. : Политиздат, 1980. 152 с.

2. Афанасьев, И. Б. Каждый должен заниматься своим делом / И. Б. Афанасьев, М. Н. Пирогов // Новости космонавтики. 2008. № 3. С. 52–53.

3. Глушко, В. П. Путь в ракетной технике / В. П. Глушко. М. : Машиностроение, 1997. 504 с.

4. Каторгин, Б. И. Открыт памятник В. П. Глушко / Б. И. Каторгин, В. Ф. Рахманин // Общеросс. науч.-техн. журнал «Полет». 2001. № 11. С. 19–21.

5. Каторгин, Б. И. Перспективы создания мощных жидкостных ракетных двигателей / Б. И. Каторгин // Вестник РАН. 2004. Т. 74. № 3. С. 499–506.

6. Космонавтика. Энциклопедия / под ред. В. П. Глушко. М. : Советская энциклопедия, 1985. 528 с.

7. Максимов, А. И. Основоположники современной космонавтики. С. П. Королев / А. И. Максимов // Теплофизика и аэромеханика. 2006. Т. 13. № 4. С. 507–529.

8. Мохов, В. В. «Ангара» выходит на рынок / В. В. Мохов // Новости космонавтики. 1999. № 9. С. 50–51.

9. Семенов, Ю. В. Концепция марситанской экспедиции / Ю. В. Семенов, Л. А. Горшков // Оберосс. науч.-техн. журнал «Полет». 2001. № 11. С. 12–18.

10. Фаворский, В. В. Космонавтика и ракетно-космическая промышленность. Кн. 1. Зарождение и становление (1946–1975 гг.) / В. В. Фаворский, И. В. Мещеряков. М. : Машиностроение, 2003. 344 с.

11. Черток, Б. Е. Ракеты и люди / Б. Е. Черток. М. : Машиностроение, 1975. 416 с.

12. Черток, Б. Е. Ракеты и люди. Фили–Подлипки–Тюратам / Б. Е. Черток. М. : Машиностроение, 1996. 446 с.

13. Черток, Б. Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны / Б. Е. Черток. М. : Машиностроение, 1997. 536 с.

14. Черток, Б. Е. Ракеты и люди. Лунная гонка / Б. Е. Черток. М. :Машиностроение, 1999. 576 с.

M. V. Krayev, V. P. Nazarov

THE FOUNDER OF RUSSIAN ROCKET-SPACE ENGINE BUILDING

To the 100-th anniversary of the birth of academic V. P. Glushko

The main events of life and creative activity of the outstanding scientist and rocket-space engines designer academic V. P. Glushko are described. His contribution to the Russian and world astronautic science development is represented. The scientific-technical tendencies in the rocket-space engine building development are analyzed.

УДК.621.396.96

О. Г. Бойко

О ВОЗМОЖНОСТЯХ МАРКОВСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ В РАСЧЕТАХ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Рассматриваются методические вопросы использования теории марковских процессов в расчетах надежности сложных систем.

Опыт эксплуатации самолетов гражданской авиации отечественного и зарубежного производства убедительно доказывает независимость параметров потоков отказов щ для отдельных агрегатов, функциональных систем и самолета в целом [1] от времени. Он принимается постоянным в расчетах надежности авиационной техники в учебной литературе [2], в методике используемой ведущим Разработчиком самолетов [3] и в отраслевом стандарте [4].

Для вероятностей отказов агрегатов систем самолетов в [2–4] используется экспоненциальное распределение являющееся частным случаем распределения Пуассона. Потоки переходов агрегата либо системы из исправного состояния в неисправное, т. е. в состояние функционального отказа, являются пуассоновскими, а следовательно случайный процесс, протекающий в системе, является марковским с непрерывным временем [5].

Нетрудно показать, что потоки отказов и восстановлений агрегатов и систем самолетов являются простейшими, т. е. удовлетворяющими условиям ординарности, стационарности и отсутствия последствия. Это дает возможность определять вероятности нахождения систем в состояниях исправности либо функциональных отказов в оперативном цикле использования самолета по назначению.

Рассмотрим в качестве примера размеченный граф состояний и переходов для системы имеющей три вида функциональных отказов (рис. 1).

Интенсивности переходов из исправного состояния в состояния отказов определяются соответствующими параметрами потоков отказов, т. е.

$$a_{1\,i} = \omega_{1\,i}. \tag{1}$$

Параметр потока отказов − величина обратная средней наработке на отказ.

Интенсивности переходов из состояний функциональных отказов в исправное состояние a_{i1} определяются соответствующими интенсивностями восстановления отказов μ_{i1}, т. е.

$$a_{i1} = \mu_{i1}. \tag{2}$$

Интенсивность восстановления − величина обратная среднему времени устранения *i*-го вида отказа.

Система диффункциональных уравнений относительно вероятностей нахождения рассматриваемой функциональной системы в состояниях 1...4 будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_1(t)}{dt} = a_{21}P_2(t) + a_{31}P_3(t) + \\ +a_{41}P_4(t) - (a_{12} + a_{13} + a_{14})P_1; \\ \dfrac{dP_2(t)}{dt} = a_{12}P_1(t) - a_{21}P_2(t); \\ \dfrac{dP_3(t)}{dt} = a_{13}P_1(t) - a_{31}P_3(t); \\ \dfrac{dP_4(t)}{dt} = a_{14}P_1(t) - a_{41}P_4(t). \end{cases} \tag{3}$$

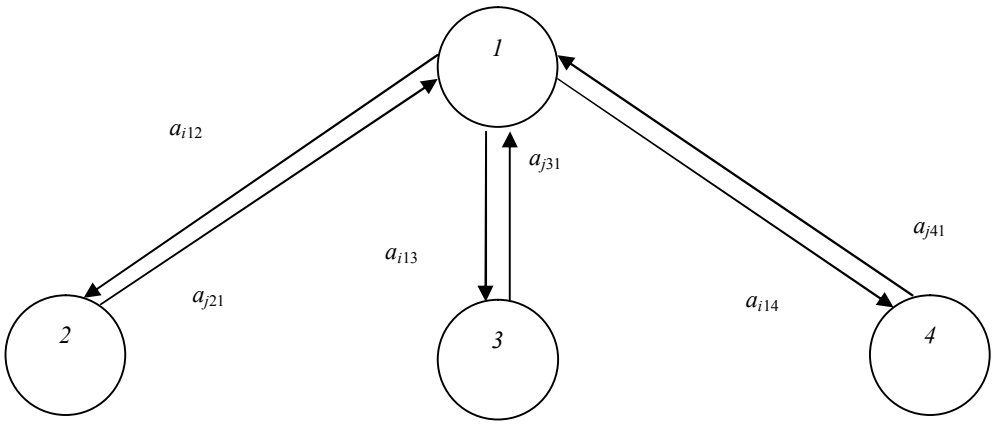


Рис. 1. Граф состояний и переходов системы:
1 − состояние полета с исправной рассматриваемой системой; *2*, *3*, и *4* − состояния системы с одним из видов функциональных отказов; a_{12}, a_{13} и a_{14} − интенсивности переходов системы из исправного состояния в состояние соответствующего функционального отказа; a_{21}, a_{31} и a_{41} − интенсивности переходов системы из состояния функционального отказа в исправное состояние

В стационарном процессе эксплуатации система уравнений (3) вырождается в систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} a_{21}P_{21} + a_{31}P_3 + a_{41}P_4 - \\ -\left(a_{12} + a_{13} + a_{14}\right)P_1 = 0; \\ a_{12}P_1 - a_{21}P_2 = 0; \\ a_{13}P_1 - a_{31}P_3 = 0; \\ a_{14}P_1 - a_{41}P_4 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Системы уравнений (3) и (4) дополняются следующим условием:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1. \quad (5)$$

Расчет численных значений вероятностей P_i из системы (4) выполняется по стандартным программам на ЭВМ. Они определяют вероятность нахождения системы в исправном состоянии и в состояниях восстановления *i*-х видов отказов. Это вероятности оперативного цикла использования по назначению с учетом только процедур устранения отказов.

Расчет надежности предполагает определение вероятностей нахождения системы в рассматриваемых состояниях в течение 1-го часа полета. Эти вероятности нормируются в Нормах летной годности [6] в соответствии с тяжестью последствий видов функциональных отказов.

Параметры потока отказов щ$_i$ определяют среднее число видов отказов системы в течение одного часа, что вполне удовлетворяет требованиям Норм. Среднее время восстановления отказа в зависимости от вида отказа изменяется в широких пределах от 0,5 ч до 10 ч и более. В соответствии с этим интенсивности восстановлений мi1 также принимают различные значения. С другой стороны, время восстановления отказов никак не влияет на вероятность их реализации в полете, в том числе и в течение 1-го часа полета. Представляется возможным в системах вида (3, 4) принять среднее время восстановления отказов, равное одному часу. В этом случае в рассматриваемых системах уравнений все $a_{i1} = \mu_{i1} = 1$. Оправданность такого решения может быть рассмотрена при анализе решений для систем вида (4). Однако аналитическое решение системы 4-х уравнений содержащих 4-е неизвестных крайне громоздко. Результаты решения системы даже с тремя неизвестными трудно обозримы. Поэтому для анализа допустимости предложения $a_{i1} = \mu_{i1} = 1$ в работе рассматриваются результаты решения для простейшей системы, имеющей только два состояния (рис. 2).

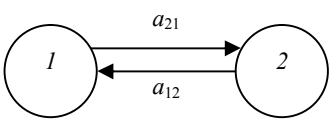


Рис. 2. Граф состояний простейшей системы

В общем случае a_{12} = щ и a_{21} = м. Система алгебраических уравнений относительно вероятностей P_1 и P_2 будет выглядеть следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} a_{21}P_2 - a_{12}P_1 = 0 \\ a_{12}P_1 - a_{21}P_2 = 0 \end{aligned}\right\}. \quad (6)$$

Из системы (6) находим

$$P_1 = \frac{\mu}{\omega + \mu}. \quad (7)$$

Поскольку м = 1/$T_{\text{ср.устр}}$, (7) перепишем в следующем виде:

$$P_1 = \frac{1}{\omega \ T_{\text{ср.устр}} + 1}. \quad (8)$$

Уменьшение среднего времени устранения отказов $T_{\text{ср.устр}}$ повышает вероятность нахождения системы в исправном состоянии. Очевидно, что при $T_{\text{ср.устр}}$, стремящемся к 0, вероятность P_1 стремиться к 1. Это хорошо согласуется с фактическим характером изменения P_1 при уменьшении $T_{\text{ср.устр}}$, но еще недостаточно для доказательства правомерности замены μ_{i1} и a_{i1} на 1.

В нашем исследовании показана рекомендованная отраслевым стандартом [4] возможность использовать для высоконадежных агрегатов систем самолетов распределение равномерной плотности вероятности отказа $Q(t)$ в виде

$$Q(t) = \omega \ t. \quad (9)$$

Не трудно показать, что при таком законе распределения $Q(t)$, вероятность отказа за 1 час полета численно равна щ [8].

Приняв в (8) $T_{\text{ср.устр}}$ = 1, запишем выражения для вероятности отказа на 1 час в виде:

$$q = 1 - \frac{1}{\omega + 1}. \quad (10)$$

Тогда допустимо полагать $a_{i1} = \mu_{i1} = 1$ в диапазоне тех значений щ, при которых из (10) следует $q \cong$ щ. Выполненные нами расчеты показали, что условие $q \cong$ щ в выражении (10) выполняется с высокой степенью точности при всех щ < 10^{-3}. При щ = 10^{-1} расхождение составляет 8 %, при щ = 10^{-2} оно не более 1 %.

Таким образом, в нашем исследовании показана возможность использования марковской математической модели при анализе надежности функциональных систем самолетов.

Следует иметь в виду, что, хотя метод обеспечивает возможность рассчитывать вероятность безотказного полета и функциональных отказов при любых значениях щ < 10^{-3}, в соответствии с Нормами летной годности целесообразно рассматривать только совместные отказы. К несовместным в этом случае относят отказы, вероятность совместной реализации которых в течение часа полета менее 10^{-9}. Несмотря на это, разработанный метод привлекателен своей наглядностью.

Библиографический список

1. Информационно-справочные и аналитические материалы по основным вопросам поддержания лет-

ной годности гражданских воздушных судов. М. : УПЛГ ФАС России, 1998. 137 с.

2. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. М. : Транспорт, 1995. 143 с.

3. Новожилов, Г. В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология / Г. В. Новожилов, М. С. Неймарк, Л. Г. Цесарский. М. : Машиностроение, 2003. 143 с.

4. ОСТ 1 00132–84. Надежность изделий авиационной техники. Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолетов и вертолетов.

5. Емелин, Н. М. Отработка систем технического обслуживания летательных аппаратов / Н. М. Емелин. М. : Машиностроение, 1995. 128 с.

6. Нормы летной годности самолетов. Авиационные правила : АП-25. М. : МАК, 1989.

O. G. Boyko

ABOUT THE POSSIBILITY OF MARC'S APPROXIMATION IN THE CALCULATIONS OF RELIABILITY OF THE CIVIL AVIATION AIRPLANES FUNCTIONAL SYSTEMS

The methodic questions of using the theory of marc's processes in the calculations of complicated systems reliability are viwed.

УДК 621.431.75

И. А. Толманов, А. И. Толманов

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПС-90А

Предложена методика определения технического и ресурсного состояния парка авиадвигателей ПС-90А относительно «идеального», которая позволяет оптимизировать эксплуатацию двигателя до выработки межремонтного ресурса.

В настоящее время у эксплуатирующих предприятий гражданской авиации существует много проблем, одна из них − это большие затраты на ремонт и покупку двигателей. Приобретая двигатель, авиапредприятие становится перед выбором: купить новый двигатель, взять в аренду или приобрести отремонтированный. Покупая новый двигатель, авиапредприятие затрачивает огромные денежные суммы, кроме того, у нового двигателя есть период приработки, а значит, возможны неисправности и отказы, но предприятие получает гарантийное обслуживание двигателя от завода-изготовителя.

Приобретая отремонтированный двигатель, авиапредприятие затратит меньше денежных средств, чем при покупке нового, но у двигателя не будет периода приработки. С другой стороны, нет гарантии на ремонт, т. е. придется тратить денежные и временные ресурсы на оценку технического состояния, продление ресурса, покупку агрегатов и комплектующих изделий (АиКИ) двигателя.

Объектом анализа является двигатель ПС-90А, который представляет собой турбовентиляторный двухконтурный двигатель тягой 16 000 кгс с высокой степенью двухконтурности, со смешением потоков воздуха наружного и газа внутреннего контуров в общем реактивном сопле и с реверсом тяги в наружном контуре.

Двигатель ПС-90А разработан ОАО «Авиадвигатель» и сертифицирован в 1992 г. (Сертификат типа № 16Д от 03.04.1992 г. Авирегистра МАК).

ПС-90А эксплуатируется на пассажирских самолетах Ил-96-300 (с 1993 г.), Ту-204 (с 1996 г.), Ту-214 (с 2001 г.), а также на транспортном самолете ИЛ-76 МФ. Серийно выпускается ОАО «Пермский моторный завод», (в июле 2002 г. ПМЗ отправил 4 двигателя ПС-90А, изготовленных по заказу Росавиакосмоса для самолета президента России Ил-96-300ПУ).

Разработчиком постоянно ведутся работы по совершенствованию двигателя. За десять лет после сертификации двигателя ПС-90А ОАО «Авиадвигатель» получило 18 дополнений к основному сертификату, средняя наработка на отправку двигателя в ремонт выросла в 6–7 раз за счет увеличения назначенных ресурсов на агрегаты и комплектующие изделия (АиКИ). По комплексу технико-экономических характеристик ПС-90А находится на уровне лучших современных двигателей в своем классе тяги 16–18 тс.

Статистические данные по наработке самолетов Ту-204-100, Ту-214, Ил-96-300, а также по двигателям ПС-90А, которые на них установлены, были собраны в ОАО АК «Красноярские авиалинии» и у представителей Пермского моторного завода.

Анализируемые двигатели установлены на трех ВС Ту-204-100 (по 2 двигателя), одном Ту-214 (по 2 двигателя) и на двух Ил-96-300 (по 4 двигателя).

В связи с тем, что ВС эксплуатируются на линиях разной протяженности и с разной интенсивностью, суммарное количество посадок и суммарный налет за 2005 г. существенно отличаются в зависимости от типа ВС и сезона (рис. 1). Следует отметить, что в сентябре 2005 г. был запрет на эксплуатацию ВС Ил-96-300 по причине обнаружения дефектов, а данных за декабрь нет.

Средняя продолжительность полета для различных типов ВС помесячно и за год представлена графически на рис. 2.

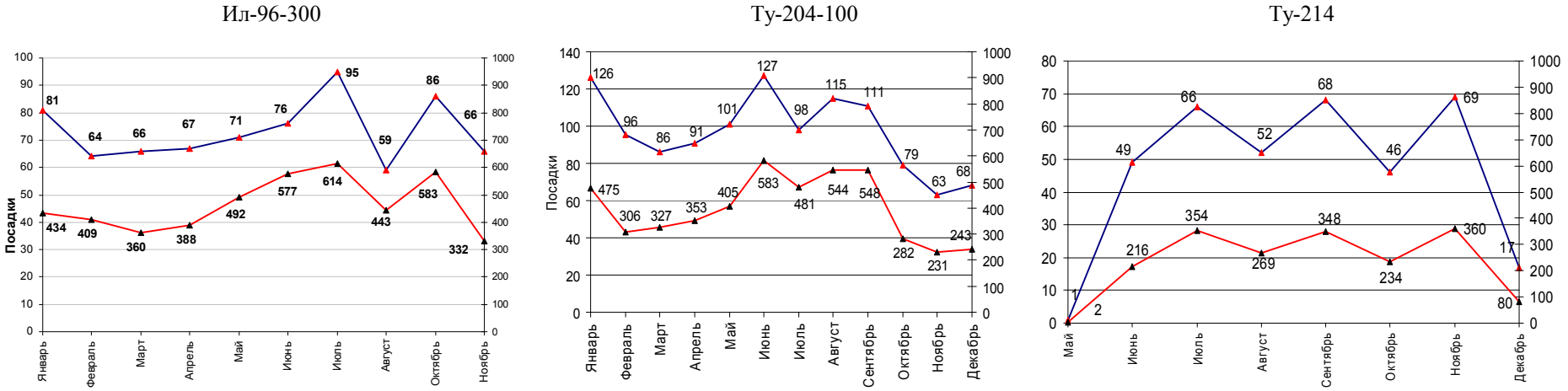


Рис. 1. Суммарное количество посадок и суммарный налет за 2005 г. для различных типов ВС

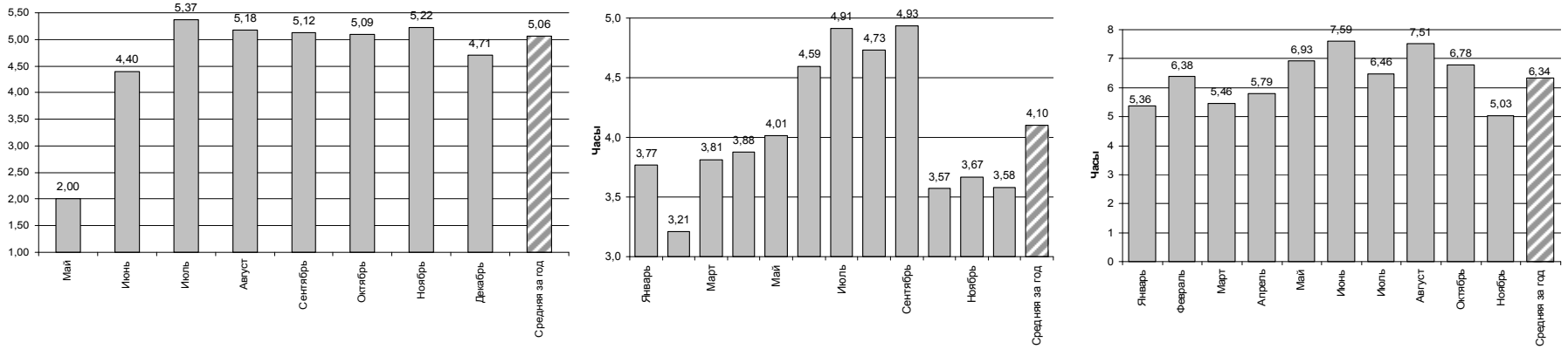


Рис. 2. Средняя продолжительность полета для различных типов ВС

По данным графиков видно, что продолжительность полета не постоянная в течение года, а главное, что средняя за год изменяется в зависимости от типа ВС: от 4,1 ч для Ту-204-100 до 6,3 ч для Ил-96-300. Этот важный факт используем в дальнейшем.

В результате обработки статистических данных по восемнадцати двигателям по состоянию на декабрь 2005 г. разработана методика определения технического состояния двигателя ПС-90А.

Для того чтобы оценить техническое состояние конкретного двигателя предлагается методика сравнения его с «идеальным» (идеальным считаем двигатель, собранный из АиКИ с максимально возможными ресурсами). Эта оценка возможна в эксплуатации, когда необходимо сравнить между собой весь имеющийся парк двигателей, такую же оценку необходимо производить при покупке, продаже, аренде, принятии двигателя с ремонта и т. д.

Методика сравнения процентного состояния двигателя с «идеальным» заключается в следующем:

− определение рассматриваемого перечня агрегатов и комплектующих изделий, подлежащих анализу для определения «реального» состояния двигателя;

− разделение АиКИ на две группы: ограниченные ресурсом по часам и по циклам;

− выбор АиКИ с максимальными ресурсами;

− комплектование «идеально» двигателя;

− для каждого отдельно взятого двигателя производится пересчет ресурсов АиКИ отдельно по часовой и циклической составляющим в проценты от «идеального»;

− сравнение двигателей отдельно по часовой и по циклической составляющим в процентном отношении с «идеальным»;

− анализ состояния парка двигателей.

Блок-схема методики определения состояния двигателя приведена на рис. 3.

Рассмотрим более подробно каждый из блоков. Блок «Парк двигателей» − это сбор статистической информации. В нашем случае эта информация по 10 двигателям авиакомпании «Красноярские авиалинии» и по 8 двигателям авиакомпании «Домодедовские авиалинии», которые установлены на шести ВС и 2 в запасе.

Блок «Двигатель ПС-90А» подразумевает собой индивидуальный подход к каждому двигателю, т. е. на каком воздушном судне он эксплуатируется. Несмотря на то, что двигатель ПС-90А универсальный (устанавливается на различных типах ВС: Ил-96-300, Ту-204, Ту-214 и др.), имеются отличия в назначенных ресурсах некоторых АиКИ.

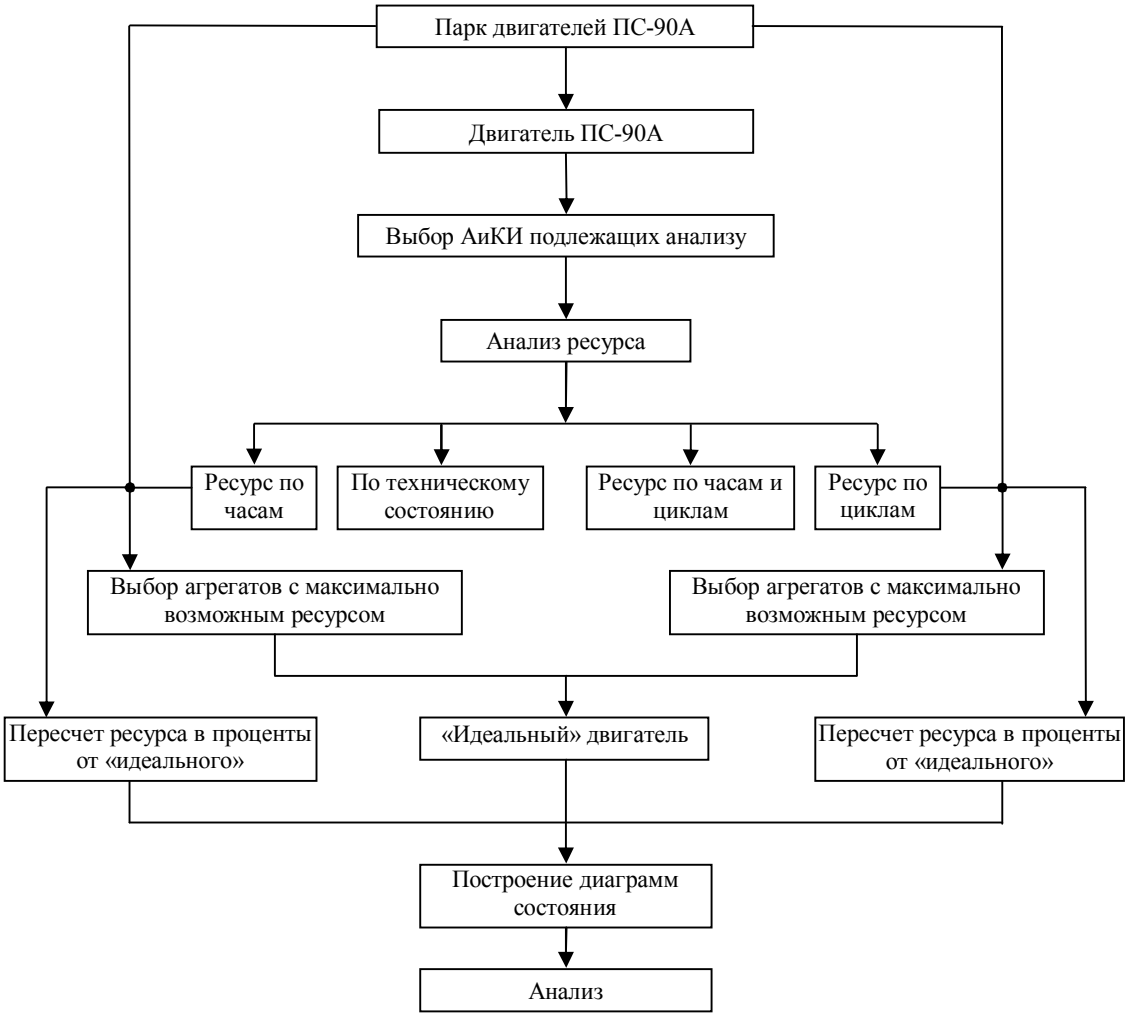


Рис. 3. Схема методики определения состояния двигателя ПС-90А

На некоторых двигателях стоят агрегаты РЭД-90 (регулятор электронный двигателя) 8 серии (Ту-214), а на других отсутствует. Коробка приводов двигателя, устанавливающихся на Ту-204, Ту-214, имеет максимальный назначенный ресурс 9 400 ч (по состоянию на 01.12.2005 г.), а на Ил-96-300 – 29 150 ч. Для того чтобы не вносить ошибку при расчетах, было сделано допущение, что ресурс коробки приводов равен 9 400 ч, а РЭД-90 не учитывался.

Блок «Выбор АиКИ подлежащих анализу» − перечень агрегатов берется только из формуляра двигателя (216 АиКИ).

Блок «Анализ ресурса». Все АиКИ можно разделить на три группы, каждая из которых эксплуатируется по часам (блок «Ресурс по часам»), по циклам (блок «Ресурс по циклам») и по состоянию. АиКИ, которые эксплуатируются по состоянию, не учитывались (так как не было возможности достоверно оценить их состояние).

В следующем блоке производится выбор агрегатов с максимально возможным назначенным ресурсом из формулярных данных восемнадцати двигателей отдельно по часам и по циклам. Из этих АиКИ «собирается» «идеальный» двигатель. Здесь следует отметить, что одни и те же АиКИ на разных двигателях могут иметь отличающиеся назначенные ресурсы, даже если двигатели новые, поэтому понятие «идеальный» двигатель труднодостижимое в реальном исполнении.

Далее идет пересчет АиКИ каждого двигателя в проценты от «идеального».

Наконец строятся диаграммы состояния парка двигателей в процентах от «идеального» отдельно по циклической и по часовой составляющим, и производится их анализ.

Диаграмма состояния двигателей по отношению к «идеальному» в процентах по циклической составляющей представлена на рис. 4. Эта диаграмма ранжирована по возрастанию и двигателям присвоены условные номера от 1 до 18, под номером 19 «идеальный» двигатель. Аналогичная диаграмма (рис. 5), но по часовой составляющей (двигатели в том же порядке).

Цифры на поле каждого двигателя на рис. 4 – это остаточный межремонтный ресурс на момент анализа по циклической составляющей, а на рис. 5 – остаточный межремонтный ресурс данного двигателя в летных часах (по часовой составляющей).

Прежде чем анализировать полученные результаты, делать выводы и обоснованные рекомендации по дальнейшей эксплуатации двигателей ПС-90А, необходимо заметить, что с 1997 г. эксплуатация двигателя ведется по современной экономичной теории: перевод управления ресурсами двигателя ПС-90А на стратегию № 2. По новой методологии базой для увеличения ресурса является назначенный ресурс основных АиКИ, определенный путем опережающих циклические испытания на установках поузловой доводки вне двигателя, а также анализ реальных условий эксплуатации двигателя ПС-90А. Из этого следует, что максимальный межремонтный ресурс по часам для двигателя не может быть больше минимального назначенного ресурса АиКИ, который можно заменить только при ремонте. Агрегаты и комплектующие изделия, которые можно заменить при эксплуатации, т. е. навесные АиКИ (среди АиКИ эксплуатирующихся по часам их большинство), могут иметь назначенный ресурс меньше межремонтного ресурса по часам (насос, насос-регулятор, автомат распределения топлива, термодатчик, генератор и т. д.). В нашем случае АиКИ определяющим величину межремонтного ресурса по часам является подшипник шариковый компрессора высокого давления – 11 000 ч, он может быть заменен только при ремонте.

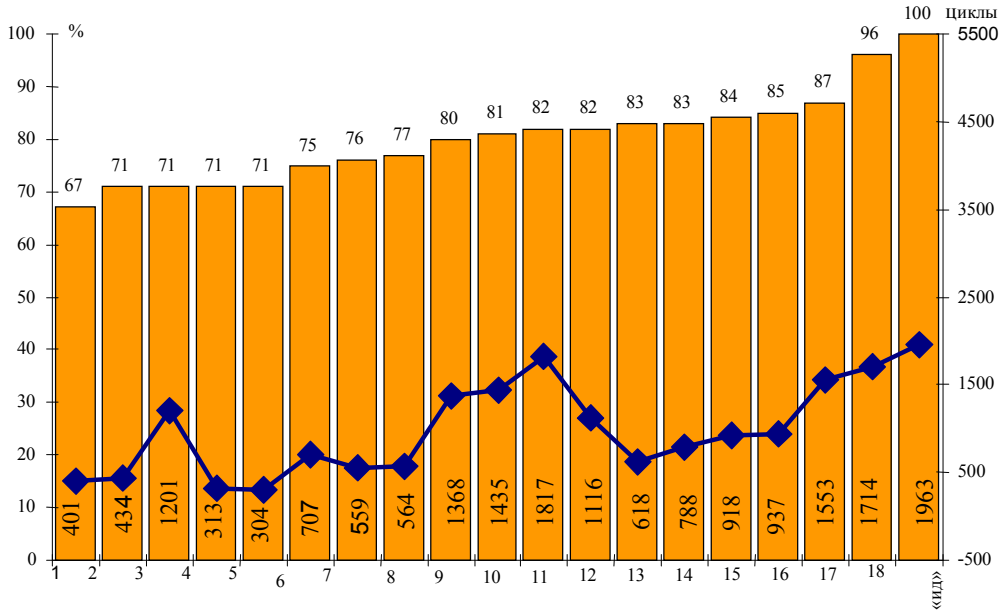


Рис. 4. Состояние двигателей по отношению к «идеальному» в процентах (по циклической составляющей):
−◆− − изменение остаточного ресурса двигателей по цикличной составляющей

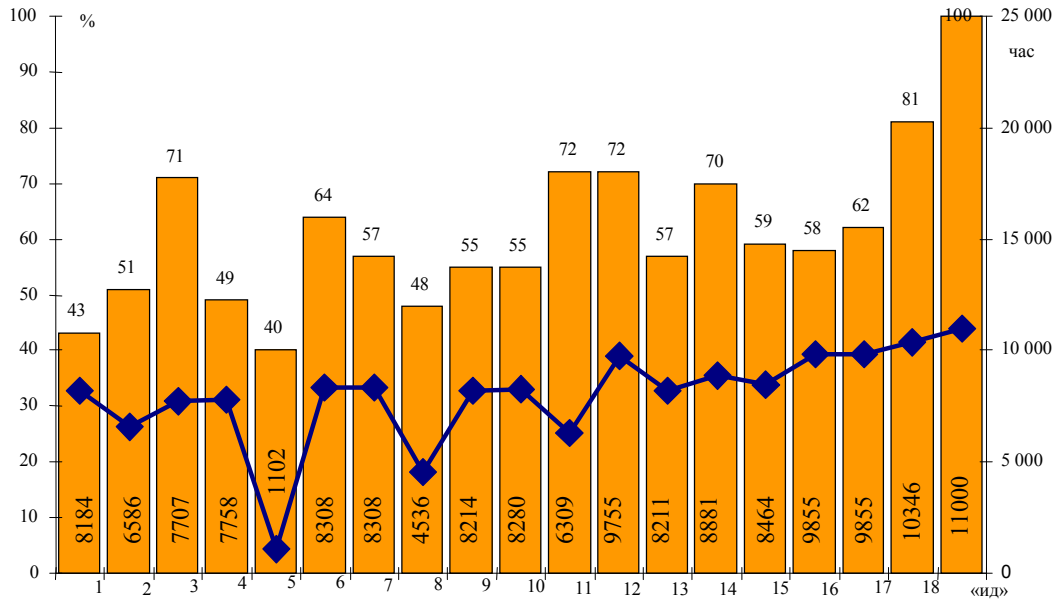


Рис. 5. Состояние двигателей по отношению к «идеальному» в процентах (по часовой составляющей):
—◆— – изменение остаточного ресурса двигателей по цикличной составляющей

Аналогичная ситуация с АиКИ, которые эксплуатируются по циклам. Среди них тоже есть АиКИ, которые можно заменить в процессе эксплуатации (стартер воздушный, электромагнит), но их мало, большинство можно заменить только при ремонте; лимитирующим межремонтным ресурсом по циклам является ТВД дефлектор диска 2-й ступени – 1 963 цикла.

Итак, у «идеального» двигателя межремонтный ресурс по часам 11 000 ч, а по циклам 1 963 цикла. В формулярных данных есть АиКИ, которые эксплуатируются и по часам, и по циклам одновременно, для того чтобы не вносить ошибку и не учитывать эти АиКИ дважды, необходимо производить анализ, по какой из составляющих раньше вырабатывается ресурс, и учитывать только одну из них.

Из диаграммы (рис. 4) видно, что максимальное отличие в техническом состоянии по циклической составляющей у двигателей между собой 29 %, а от «идеального» 33 %. Разница в техническом состоянии значительная, но больший интерес представляет то, что относительную монотонность возрастания остаточного межремонтного ресурса двигателя (цифры на поле) с увеличением номера нарушают ресурсы двигателей № 3, 9, 10, 11, 12. В результате детального изучения «истории жизни» этих двигателей оказалось, что двигатель № 3 досрочно снят 05.07.2004 г. по причине помпажа, двигатель № 9 был снят досрочно после отработки 59 циклов, а № 10 после отработки 89 циклов, двигатель № 11 снят досрочно 25.12.2004 г. – помпаж, двигатель № 12 снят 07.10.2004 г. – попадание птицы.

Досрочно снятые двигатели прошли восстановительный ремонт и заменой АиКИ им был повышен межремонтный ресурс и по циклам и по часам. Здесь можно сделать вывод, что проценты от «идеального» характеризуют общее техническое состояние, а цифры на поле – ресурсное состояние двигателей по циклической составляющей.

Следует отметить, что на техническое состояние двигателя не влияет год выпуска: «лучший» двигатель под № 18 изготовлен в 1993 г., двигатель под № 2 («плохой») изготовлен 2003 г. Среди парка двигателей есть «патриарх» (№ 5), который выпущен в 1989 г. (за три года до сертификации), но после капитального ремонта резко возрастает его техническое состояние. Можно сделать вывод, что на техническое состояние ПС-90А мало влияет наработка с начала эксплуатации (СНЭ), а определяющим является наработка после последнего ремонта (ППР). У двигателя № 18 наработка ППР составляет по часам 6 %, по циклам – 8 % от межремонтных ресурсов (на декабрь 2005 г.).

Анализ диаграммы на рис. 5 показывает, что максимальное отличие в общем техническом состоянии по часовой составляющей у двигателей между собой еще больше – 41 %, а от «идеального» – 60 %.

В ресурсном состоянии двигатели очень сильно отличаются друг от друга:

– по циклической составляющей от 304 цикла до 1 714 цикла;

– по часовой составляющей от 1 102 ч до 10 346 ч.

Для справки: двигатели на Ту-214 за 7 месяцев 2005 г. налетали 1 862 ч.

Двигатель № 5, установленный на Ту-204-100, через 7–8 месяцев должен быть отправлен в капитальный ремонт, а двигатель № 14, стоящий на том же ВС, при той же интенсивности эксплуатации прослужит еще два года и отправится в ремонт с выработанным ресурсом по циклам и остаточным ресурсом по летным часам равным 5 650. Это больше половины от межремонтного ресурса по часам, который равен 11 000 ч.

Чтобы выяснить хорошо это или плохо введем два понятия: коэффициент эксплуатационный – $K_э$ и коэффициент действительный – $K_д$.

$K_э$ определим как отношение годовой наработки в летных часах к количеству посадок за год, а $K_д$ как

отношение межремонтного ресурса в часах к межремонтному ресурсу в циклах (посадках).

Коэффициент $K_э$ численно равен средне годовой продолжительности полета в часах: для Ту-204-100 он равен 4,1; для Ту-214 − 5,1; для Ил-96-300 − 6,3 (рис. 2).

В связи с тем, что в процессе эксплуатации межремонтные ресурсы по часам и по циклам расходуются двигателями, установленными на разные ВС, с разной интенсивностью, коэффициент $K_д$ будет меняться, а на момент анализа ресурсного состояния двигателей будет представлять собой отношение остаточного ресурса по часам к остаточному ресурсу по циклам.

Значения $K_э$ и $K_д$ для двигателей, установленных на свои ВС, представлены на рис. 6.

Если $K_д$ у нового или после ремонта двигателя больше чем $K_э$, то в процессе эксплуатации он будет возрастать и к моменту выработки межремонтного ресурса (МРР) по циклам останется очень большой запас по часам (двигатели № 14, 2, 13, 7 особенно № 1 и 4). Причиной очень больших значений $K_д$ двигателей № 1 и 4 является то, что после ремонта они пришли с $K_д$, равным 11,5 и 12,7 (МРР равно 11 000 ч − 960 циклов и 11 000 ч − 855 циклов) соответственно. Ни одно из ВС компании не летает с такими $K_э$. Следует учитывать, что максимальную работу (а значит и прибыль) двигатели произведут в том случае, когда к очередному ремонту подойдут с выработанными ресурсами и по часам и по циклам, т. е. (в идеальном случае), когда $K_д = K_э$.

Сравнивая $K_д$ и $K_э$ между собой для каждого двигателя и для парка в целом, можно сделать вывод, что основной массив двигателей придет к очередному ремонту с большим запасом ресурса по часам.

Забегая вперед, отметим, что стоимость восстановления ресурса по циклам обходится значительно дороже, чем восстановление ресурса по часам, а восстанавливать ресурс по циклам под оставшийся ресурс по часам не выгодно, так как увеличивается частота ремонтов и на стоимость ремонта окажет большее влияние постоянная составляющая ремонта (транспортировка, разборка, промывка, дефектация и т. д.), но эта тема следующей публикации.

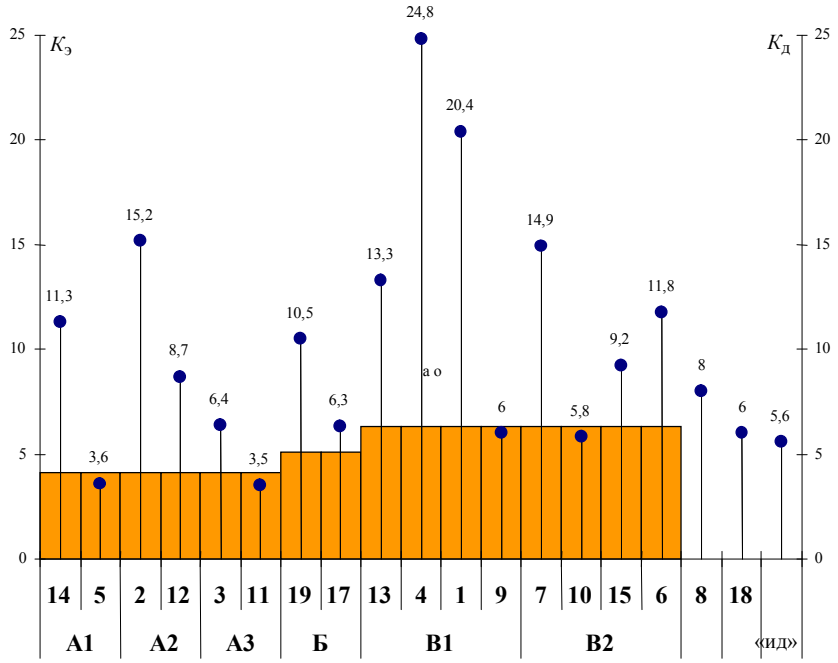


Рис. 6. Значение коэффициентов *К*э и *К*д для парка двигателей ПС-90А:
$А_1$, $А_2$, $А_3$ − ВС Ту-204-100; Б − ВС Ту-214; $В_1$, $В_2$ − ВС Ил-96-300

I. A. Tolmanov, A. I. Tolmanov

THE METHODS OF ENGINE PS-90A TECHNICAL CONDITION DEFINITION

The methods of defining the technical and resource condition is proposed for engines PS-90A relatively with «Ideal». The methods allow to optimize the exploitation methods the engine till the output of the petween-repair resource.

УДК 621.372.57

В. П. Довгун, В. В. Новиков

МИНИМАЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АНАЛОГОВЫХ ЧАСТОТНО-РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ

Предложен метод синтеза аналоговых частотно-разделительных устройств на основе волновых фильтров. Этот метод позволяет получить как активные, так и пассивные реализации. Показано, что частотно-разделительные фильтры, синтезированные в соответствии с предложенным методом, имеют минимальный порядок.

При передаче и обработке цифровых и аналоговых сигналов часто возникает необходимость в создании частотно-разделительных устройств, предназначенных для разделения спектра сигнала на неперекрывающиеся части [1; 2]. Такие устройства называют *направленными фильтрами* или *мультиплексерами*. Вопросы применения аналоговых направленных фильтров подробно рассмотрены в монографии [1].

Частным случаем мультиплексеров являются двухканальные частотно-разделительные устройства – *диплексеры*. Диплексер реализует две передаточных функции, отвечающих условию

$$\left|H_1\left(j\text{щ}\right)\right|^2+\left|H_2\left(j\text{щ}\right)\right|^2\le 1.$$

Диплексеры являются базовыми элементами при построении частотно-разделительных устройств с любым числом каналов.

О важности проблемы синтеза направленных фильтров говорит значительное число работ, в которых обсуждаются различные аспекты теории и проектирования таких структур [1; 4–8]. Особо следует отметить работу [7], в которой рассмотрен общий метод расчета передаточных функций направленных фильтров с максимально плоскими АЧХ и регулируемым затуханием на частоте пересечения АЧХ. Вопросы реализации диплексеров на основе параллельного или последовательного соединения пассивных LC-фильтров, реализующих отдельные передаточные функции, рассмотрены в [4–6]. Такой подход не является оптимальным, так как каждая передаточная функция реализуется отдельным фильтром, и результирующая цепь имеет высокий порядок. В статье [8] предложен метод синтеза диплексеров в форме реактивного шестиполюсника. Однако примеры, приведенные в [8], показывают, что число реактивных элементов в синтезируемом многополюснике значительно превышает порядок реализуемых передаточных функций.

Авторами рассмотрен метод реализации диплексеров, основанный на использовании аналоговых волновых фильтров (ВФ). Предлагаемый подход позволяет получить частотно-разделительные фильтры минимального порядка. Он пригоден для проектирования как активных (ARC), так и пассивных (LC) частотно-разделительных устройств.

Аналоговый волновой фильтр представляет неуравновешенный многополюсник, реализующий одновременно четыре передаточные функции (рис. 1). Связь между напряжениями на внешних зажимах волнового фильтра определяется уравнениями в передаточных

$$\begin{bmatrix}U_{\text{вых}1}\\U_{\text{вых}2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}t_{11}&t_{12}\\t_{21}&t_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}U_{\text{вх}1}\\U_{\text{вх}2}\end{bmatrix},\qquad(1)$$

или цепных параметрах

$$\begin{bmatrix}U_{\text{вых}1}\\U_{\text{вх}2}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}b_{11}&b_{12}\\b_{21}&b_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}U_{\text{вх}1}\\U_{\text{вых}2}\end{bmatrix}.$$

Элементы матрицы передаточных параметров $[T]$ – передаточные функции между отдельными входами и выходами.

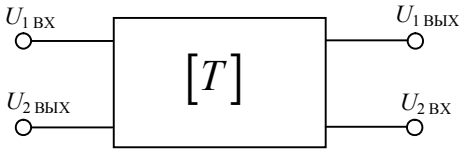


Рис. 1

Матрица коэффициентов волнового фильтра в уравнении (1) является ограниченной передаточной матрицей параметров рассеяния, отвечающей условию параунитарности [2–3]:

$$[T(-j\text{щ})]^t[T(j\text{щ})]=[1].\qquad(2)$$

Следствием (2) являются равенства Фельдткеллера [2]:

$$\begin{aligned}\left|t_{11}(j\omega)^2\right|+\left|t_{21}(j\omega)^2\right|&=1,\\\left|t_{22}(j\omega)^2\right|+\left|t_{12}(j\omega)^2\right|&=1.\end{aligned}\qquad(3)$$

Из (3) следует, что элементы $t_{11}\left(j\text{щ}\right)$ и $t_{21}\left(j\text{щ}\right)$ являются взаимно дополняющими, т. е. полоса пропускания $t_{11}\left(j\text{щ}\right)$ соответствует полосе задерживания $t_{21}\left(j\text{щ}\right)$. Таким образом, волновой фильтр автоматически реализует разветвляющий фильтр. Впервые на это обращено внимание в обзоре [3].

Общая теория реализации аналоговых волновых фильтров рассмотрена в работах [9; 10]. Синтезируемая структура представляет каскадное соединение секций первого-второго порядков, реализующих нули передаточной функции $H_1\left(j\text{щ}\right)$. Принципиальная схема секции зависит от вида реализуемых нулей.

Для фильтров Баттерворта и Чебышева, нули передачи которых расположены в бесконечности, достаточно использовать секции первого порядка. Матрица цепных параметров секции, реализующей нуль в бесконечности, имеет вид

$$\left[b^{(i)}\right]=\begin{bmatrix}1-c_i s & d_i s\\ d_i s & -1-c_i s\end{bmatrix}.$$

Параметры c_i и d_i зависят от вида реализуемой передаточной функции $t_{11}(j\text{щ})$. Для передаточных функций, имеющих нули передачи в бесконечности, $c_i = d_i$.

Структурная схема секции, реализующей нули передачи $t_{11}(j\text{щ})$, расположенные на мнимой оси, показана на рис. 2. Нулям передачи в бесконечности соответствует $T(s)=1/(1+sc_i)$. Для реализации структурной схемы на рис. 2 необходимо не менее трех операционных усилителей.

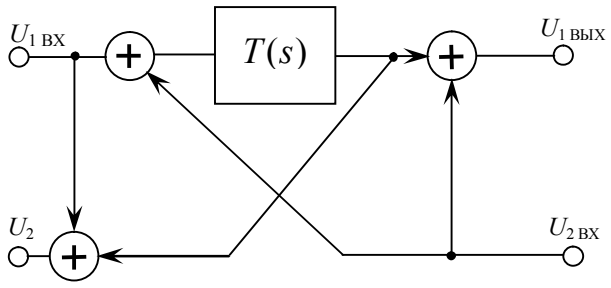


Рис. 2

Для получения более экономной реализации используем метод эквивалентных преобразований матрицы цепных параметров [9]. Рассмотрим преобразование подобия матрицы цепных параметров:

$$\left[\tilde{B}^{(0)}\right]=[Q]^{-1}\left[B^{(0)}\right][Q]. \qquad (4)$$

Здесь $[Q]$ – неособенная матрица преобразования. Переменные на внешних зажимах четырехполюсника преобразуются к новому координатному базису:

$$\begin{bmatrix}\tilde{U}_{\text{вых}1}\\ \tilde{U}_{\text{вх}2}\end{bmatrix}=[Q]^{-1}\begin{bmatrix}U_{\text{вых}1}\\ U_{\text{вх}2}\end{bmatrix},\ \begin{bmatrix}\tilde{U}_{\text{вх}1}\\ \tilde{U}_{\text{вых}2}\end{bmatrix}=[Q]^{-1}\begin{bmatrix}U_{\text{вх}1}\\ U_{\text{вых}2}\end{bmatrix}.$$

Исходную матрицу передаточных параметров реализует структура, показанная на рис. 4. Она образована каскадным соединением многополюсника, имеющего матрицу цепных параметров $\left[\tilde{B}^{(0)}\right]$, и двух дополнительных секций нулевого порядка, имеющих цепные матрицы $[Q]^{-1}$ и $[Q]$ соответственно.

Нетрудно показать, что преобразование цепных или передаточных параметров всей цепи в соответствии с (4) эквивалентно преобразованию параметров каждой составляющей секции в отдельности.

Используем матрицы преобразования вида

$$[Q]=\begin{bmatrix}1 & \dfrac{1}{K(s)}\\ 1 & -\dfrac{1}{K(s)}\end{bmatrix}\ \text{и}\ [Q]^{-1}=\frac{1}{2}\begin{bmatrix}1 & 1\\ K(s) & -K(s)\end{bmatrix}, \qquad (5)$$

здесь $K(s)$ – в общем случае дробно-рациональная функция комплексной частоты.

Однако использование частотно-зависимого коэффициента в матрице преобразований, определяемой выражением (5), может привести к увеличению порядка синтезируемой цепи. Поэтому ограничимся рассмотрением матриц преобразования с постоянными K. Выполняя преобразование цепной матрицы $\left[B^{(0)}\right]$ в соответствии с (4), получим структурную схему, показанную на рис. 3.

Трансформированная матрица цепных параметров секции, реализующей нуль передачи в начале координат или бесконечности, имеет следующий вид:

$$\left[\tilde{b}\right]=\begin{bmatrix}0 & 1/K\\ K & -(c_i+d_i)f(s)\end{bmatrix}.$$

Соответствующая матрица передаточных параметров:

$$\left[\tilde{t}^{(i)}\right]=\frac{1}{(c_i+d_i)f(s)}\begin{bmatrix}1 & 1/K\\ -K & 1\end{bmatrix}. \qquad (6)$$

Функция $f(s)$ зависит от вида выделяемых нулей передачи. Нулю в бесконечности соответствует $f(s)=s$. Если выделяемый нуль расположен в начале координат, функция $f(s)=1/s$. В случае пары сопряженных нулей, расположенных на мнимой оси,

$$f(s)=\frac{\text{щ}_0 s}{\alpha\left(s^2+\text{щ}_0^2\right)}.$$

Размерность коэффициента K в матрице преобразования (5) определяет и размерность переменных на внешних зажимах секций, а следовательно, и элементный базис реализуемой цепи. Рассмотрим некоторые варианты выбора K.

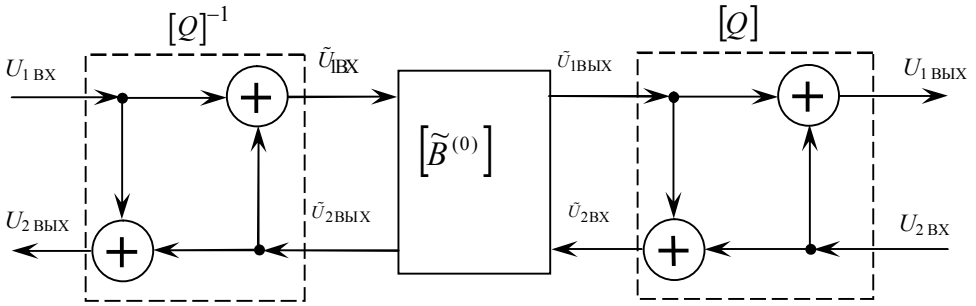


Рис. 3

Вариант 1. В простейшем случае коэффициент K – вещественная безразмерная величина. Переменные на внешних зажимах секций имеют размерность напряжения.

Структурная схема секции, реализующей передаточную матрицу $\left[\tilde{t}^{(i)}\right]$, определяемую формулой (6), изображена на рис. 4.

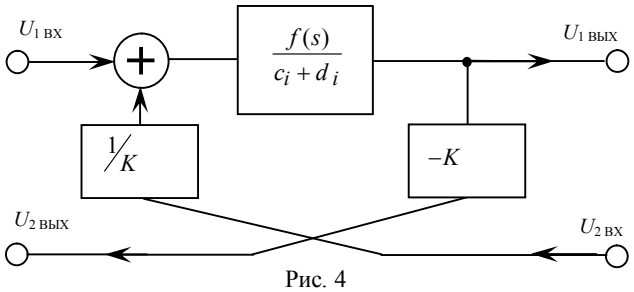


Рис. 4

Для реализации этой структурной схемы необходимы два операционных усилителя.

Более экономную реализацию можно получить, включая поочередно секции, показанные на рис. 5.

Сопротивления резисторов в схемах на рис. 7 рассчитываются по следующей формуле

$$R_i = \frac{c_i}{\text{p} \cdot f_0 \cdot C}, \qquad (7)$$

здесь $i = 1, 2, 3, \ldots$ – порядковые номера секций фильтра.

В соответствии с рис. 3 для реализации каждой дополнительной секции нулевого порядка необходимы два сумматора. Объединяя эти секции с первым и последним звеньями, получим конфигурации, показанные на рис. 6, *а*, *б* соответственно. В схеме на рис. 6, *б* второй вход ($U_{\text{вх}2}$) исключен.

Итак, для минимальной реализации активного частотно-разделительного фильтра необходимо использовать секции трех типов:

1. Начальной секции, показанной на рис. 6, *а*.
2. Конечной секции (рис. 6, *б*).
3. Промежуточных четных и нечетных секций (рис. 5).

Исходными данными при проектировании фильтра являются порядок и вид передаточной функции, а также частота среза f_0. Процедура расчета заключается в выборе подходящих емкостей конденсаторов и расчете резисторов с помощью соотношения (7).

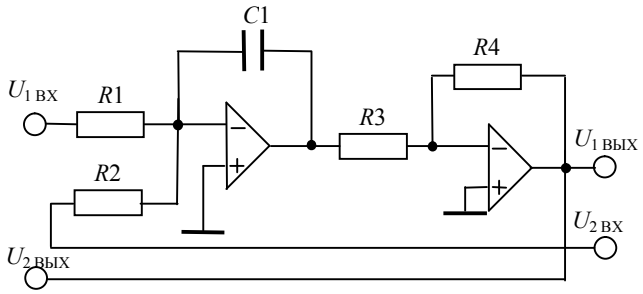
Фильтры различных порядков отличаются только числом промежуточных секций. Так, фильтр третьего порядка состоит из трех каскадно соединенных секций, показанных на рис. 6, *а*; 5, *а* и 6, *б* соответственно.

Вариант 2. Параметр K имеет размерность проводимости. В этом случае переменные на внешних зажимах секций имеют размерность напряжений и токов. Матрицу цепных параметров i-й секции можно представить в виде произведения элементарных сомножителей:

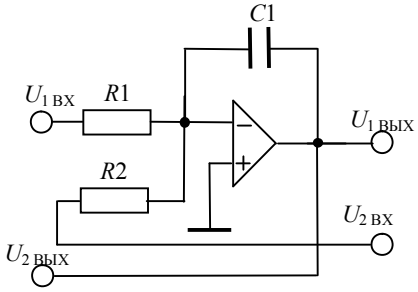
$$\left[\tilde{b}_i\right] = \begin{bmatrix} 0 & 1/K \\ K & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{2c_i}{K}s \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = [K]\left[\tilde{b}_Z\right],$$

либо

$$\left[\tilde{b}_i\right] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2c_i K s & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1/K \\ K & 0 \end{bmatrix} = \left[\tilde{b}_Y\right][K].$$

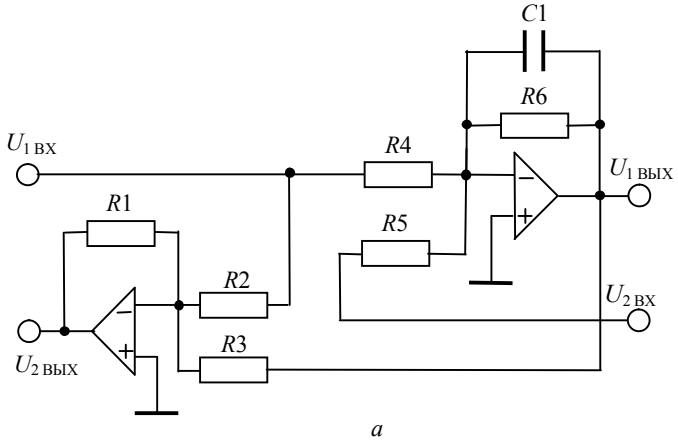


а

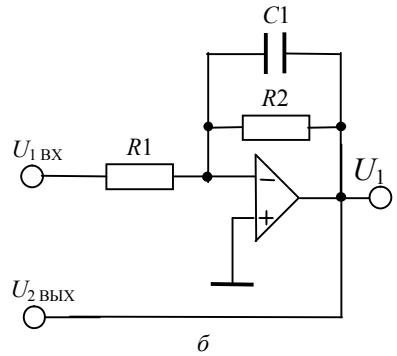


б

Рис. 5



а



б

Рис. 6

Сомножители $\left[\tilde{b}_Z\right]$ и $\left[\tilde{b}_Y\right]$ представляют цепные матрицы реактивных четырехполюсников, образованных продольной или поперечной ветвью (рис. 7). Таким образом, трансформированная матрица $\left[\tilde{B}^{(0)}\right]$ реализуется каскадным соединением секций выделения нуля, показанных на рис. 7. Сопротивления и проводимости ветвей определяются выражениями:

$$Z(s) = (c_i + d_i) f(s) / K,$$

$$Y(s) = K (c_i + d_i) f(s).$$

Функция $f(s)$ была определена выше.

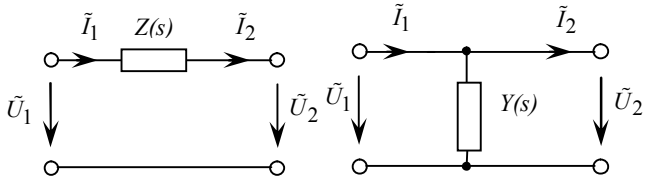


Рис. 7

Для реализации дополнительных секций нулевого порядка в рассматриваемом случае необходимы сумматоры и преобразователи напряжение-ток. Если используется только один вход ($U_{\text{вх1}}$), часть связей в правой секции нулевого порядка можно исключить и реализовать ее резистивным четырехполюсником. В итоге мы получим резистивно нагруженную лестничную LC-цепь (рис. 8). Второй выход в схеме на рис. 8 реализуется с помощью разностной схемы на ОУ. Такие структуры могут быть использованы, в частности, для реализации высокочастотных активных LC-фильтров [11].

Рассмотренный метод был использован для реализации многоканальных аналоговых частотно-разделительных устройств. В качестве примера на рис. 8 показана схема диплексера шестого порядка с частотой стыковки 1 кГц, реализованного на основе резистивно нагруженного LC-фильтра. Частотные характеристики диплексера показаны на рис. 9.

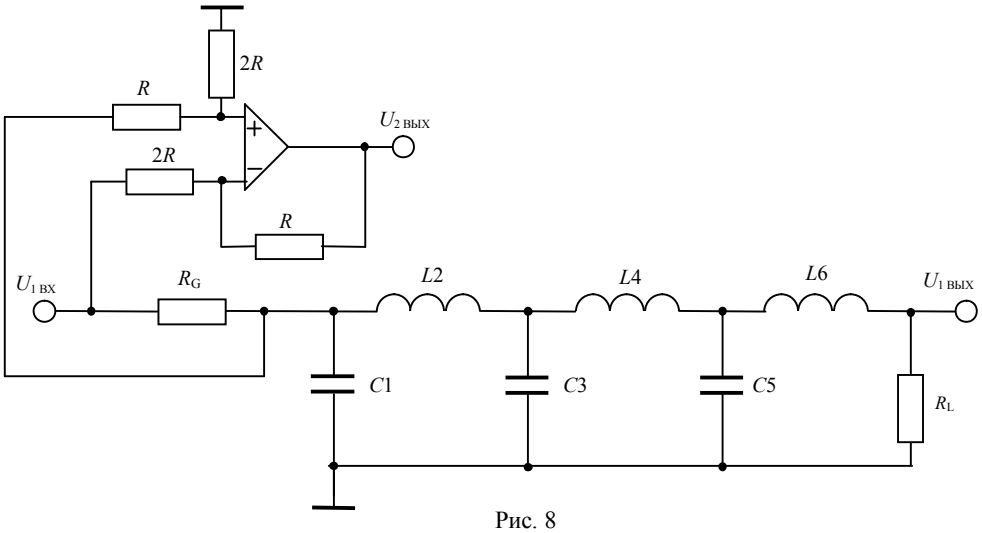


Рис. 8

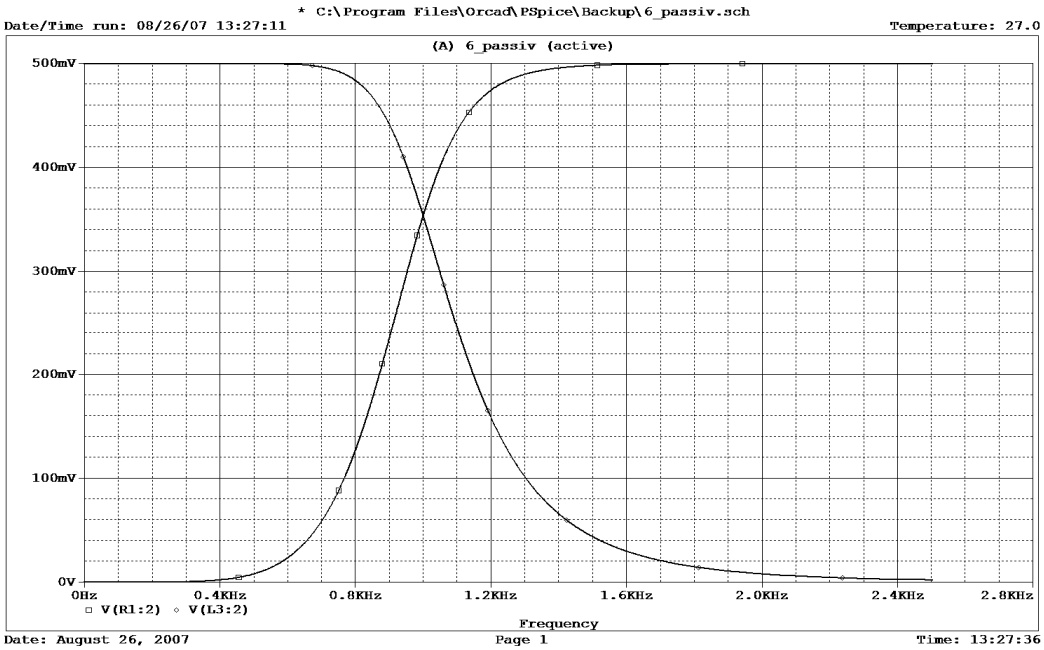


Рис. 9

В заключение отметим, что предлагаемый метод позволяет получить широкий спектр реализаций аналоговых частотно-разделительных устройств как в форме ARC-фильтров, так и на базе резистивно нагруженных лестничных LC-цепей. Синтезируемая цепь имеет минимальное число реактивных элементов, равное порядку реализуемой передаточной функции. Использование в качестве диплексеров активных фильтров позволяет не только избежать ослабления сигнала, но и усилить его.

Библиографический список

1. Алексеев, О. В. Многоканальные частотно-разделительные устройства и их применение / О. В. Алексеев, Г. А. Грошев, Г. Г. Чавка. М. : Радио и связь, 1981. 136 с.

2. Вайдьянатхан, П. П. Цифровые фильтры, блоки фильтров и полифазные цепи с многочастотной дискретизацией : метод. обзор / П. П. Вайдьянатхан // ТИИЭР. 1990. № 3. С. 77–119.

3. Феттвейс, А. Волновые цифровые фильтры / А. Феттвейс // ТИИЭР. 1986. № 2. С. 35–99.

4. Neirynck, J. Synthesis of the lossless reciprocal three-port based on a canonic form of its scattering matrix / J. Neirynck, C.-H. Carlin // IEEE transactions on circuits and systems. 1981. Vol. CAS-28/ No. 7. P. 736–744.

5. Belevitch, V. On filter pairs with Butterworth characteristics / V. Belevitch // International journal of circuit theory and applications. 1987. Vol. 15. P. 51–60.

6. Zhu, Y.-S. On the design of a diplexer having Butterworth characteristics / Y.-S. Zhu, W.-K. Chen // IEEE transactions on circuits and systems. 1988. Vol. CAS-35 No. 11. P. 1455–1457.

7. Youla, D. C. Theory and design of maximally flat low-pass high-pass reactance-ladder diplexers / D. C. Youla, U. Pillai, F. Winter // IEEE transactions on circuits and systems. 1992. Vol. CAS-39. No. 5. P. 337–349.

8. Neirynck, J. Synthesis of the lossless reciprocal three-port based on a canonic form of its scattering matrix / J. Neirynck, C.-H. Carlin // IEEE transactions on circuits and systems. 1981. Vol. CAS-28. No. 7. P. 736–744.

9. Бондаренко, А. В. Синтез аналоговых волновых фильтров / А. В. Бондаренко, В. П. Довгун // Электричество. 2005. № 5. С. 52–56.

10. Довгун, В. П. Аналоговые волновые фильтры: основные свойства и процедура реализации / В. П. Довгун, П. А. Барыбин, В. В. Новиков // Вестник Ассоциации выпускников КГТУ. Красноярск, 2005. Вып. 12. С. 156–164.

11. Li, D. Active filters using integrated inductors / D. Li, Y. Tsividis // Design of high frequency integrated analogue filters / ed. Y. Sun.

V. P. Dovgun, V. V. Novikov

MINIMAL REALIZATION OF ANALOG DIPLEXERS

A method for the design of diplexers using analog wave filters is presented. The diplexer may be realized in the form of active RC-filter or as the reactance ladder with additional summing amplifier.

УДК.621.396.96

О. Г. Бойко, П. Г. Утенков

ОСОБЕННОСТИ СТАРЕНИЯ ОДНОИМЕННЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ САМОЛЕТОВ

Проведен анализ старения функциональных систем самолета Ан-24, заканчивающих эксплуатацию по выработке ресурса и срока службы.

Самолетный парк авиакомпаний России в последние десятилетия обновляется крайне незначительно. Арендуемые самолеты иностранного производства также трудно назвать нестареющими. Естественно, что в авиационных и не авиационных кругах обсуждаются вопросы безопасности эксплуатации стареющих самолетов. Старение самолетов может быть как моральным, так и физическим. Моральное старение определяется в первую очередь ухудшением экономических показателей по мере поступления в эксплуатацию последующих поколений самолетов, а также увеличением затрат на поддержание надежности и комфортабельности. Физическое старение проявляется в выработке ресурсов в летных часах, циклах, посадках и в исчерпании календарного срока службы.

Самолет в целом принято рассматривать состоящим из планера со средствами его механизации, двигателей и функциональных систем.

Планер и двигатели – наиболее значительные и ответственные элементы самолета. Двигатели являются настолько самостоятельными объектами в плане разработки, постройки и научного обеспечения, что ими занимается отдельная отрасль промышленности и области исследований – двигателестроение. Проблеме обеспечения надежности планера и его сохранения при длительной эксплуатации также посвящено достаточно большое число серьезных исследований, лежащих в основе такой отрасли авиационной промышленности, как самолетостроение.

Исследованиям надежности функциональных систем уделено существенно меньше внимания. Во многом это связано с тем, что разработчики и изготовители агрегатов систем работают в различных отраслях науки и техники. В то же время, влияние функциональных систем на надежность самолета весьма существенно. Около 75 % отказов авиационной техники приводящих к авиационным происшествиям связано с отказами агрегатов функциональных систем.

Ресурсы агрегатов и комплектующих изделий функциональных систем существенно меньше, чем ресурсы планера. Планер представляет собой, главным образом, статическую конструкцию, а агрегаты систем выполнены в виде механических, электрогидравлических, гидромеханических, пневматических машин и аппаратов. В связи с этим старение планера и функциональных систем имеет различную физическую и организационно-техническую основу. Различия физической природы старения планера и систем достаточно очевидно и пояснений не требуют. Организационно-технические различия процессов старения определяются ресурсами, объемами, содержанием и периодичностью работ, выполняемых для поддержания надежности планера и функциональных систем при длительной эксплуатации.

Функциональные системы содержат в своих структурах большое число агрегатов, имеющих различные физические основы функционирования и конструктивное исполнение. Если изучение старения систем построить только на рассмотрении процессов деградации структурных элементов агрегатов и их выходных характеристик, то этот путь может оказаться крайне трудным. Но если предположить, что ресурсы: назначенный, до первого ремонта и межремонтный – в какой-то степени характеризуют возможности агрегатов выполнять свои функции, то степень обработки этих ресурсов агрегатами допустимо принять за основу оценки старения функциональных систем. В качестве оценки старения [1] предложено среднее значение отработки ресурсов агрегатами системы в виде:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{t_i}}{n}, \qquad (1)$$

где n – число агрегатов в системе; $\overline{t_i}$ – относительная отработка ресурса i-м агрегатом, которая определяется так:

$$\overline{t_i} = \frac{t_i}{T_i}, \qquad (2)$$

где t_i – наработка агрегата при рассматриваемом налете самолета; T_i – ресурс агрегата.

При определении средних относительных отработок ресурсов агрегатами функциональных систем использована информация о наработках и ресурсах самолетов Ан-24 по парку из 7 бортов. Результаты расчетов представлены в таблице для топливной системы (ТС), гидросистемы (ГС) и шасси. Эти результаты представлены более наглядно на рис. 1, 2 и 3. Для сравнения представлены результаты расчета старения рассматриваемых систем по парку самолетов Ту-154М, заимствованных из [1].

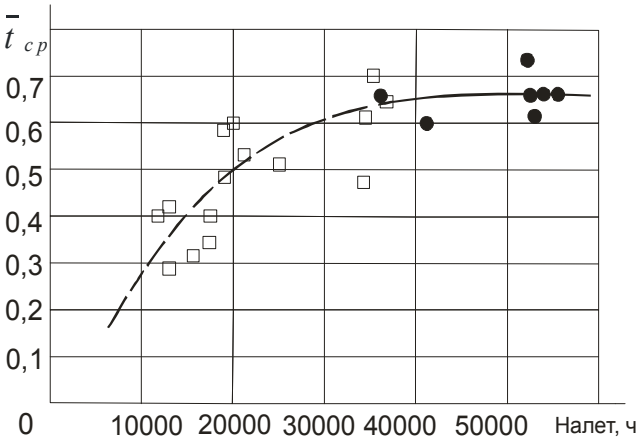


Рис. 1. Зависимость средней относительной наработки агрегатов гидросистемы от налета самолетов ТУ-54М, Ту-154Б и Ан-24:
—— АН-24; ------Ту-154М, Ту-154Б

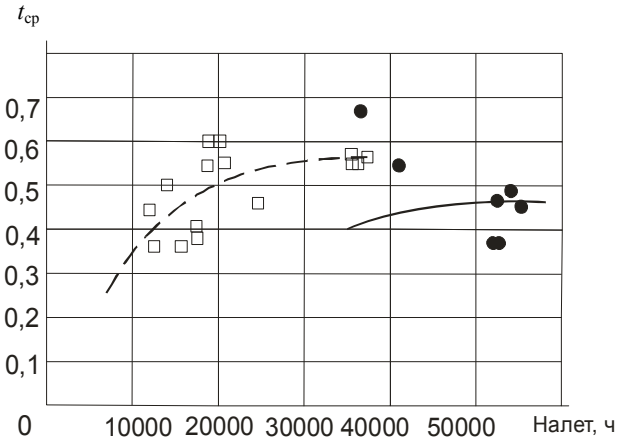


Рис. 2. Зависимость средней относительной наработки агрегатов и топливной системы от налета самолетов Ту-154М, Ту-154Б и Ан-24:
—— Ан-24; ------ Ту-154М, Ту-154Б

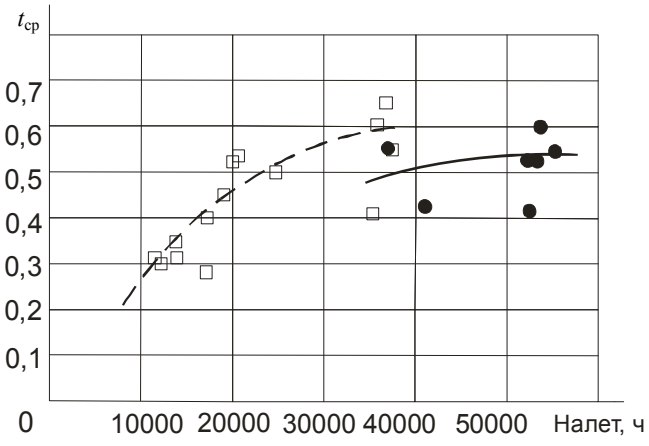


Рис. 3. Зависимость средней относительной наработки агрегатов системы шасси от налета самолетов ТУ-154М, Ту-154Б и Ан-24:
—— Ан-24; ------ Ту-154М, Ту-154Б

Таблица 1

Значение относительных отработок ресурсов для агрегатов топливной системы, гидросистемы, шасси ЛА Ан-24

№ борта	Налет с начала эксплуатации, ч	Средняя относительная отработка ресурсов		
		ТС	ГС	Шасси
46497	52 150	0,383 6	0,755 1	0,536 7
46604	52 700	0,378 5	0,679 8	0,416 2
46524	53 183	0,488 3	0,612 1	0,541 3
46351	37 960	0,686 2	0,661 5	0,554 5
46493	54 514	0,496 2	0,650 3	0,599 2
46358	41 000	0,531 2	0,591 2	0,423 7
46520	56 000	0,456 1	0,631 8	0,545 1

По приведенным материалам видно, что рассмотренные наработки самолетов Ан-24 находятся в существенно большем диапазоне 35...55 тыс. летных часов, тогда как для Ту-154М в приделах 15...40 тыс. часов. Такова действительная наработка самолетов на момент проведения исследования. Подтверждается предположение, высказанное в [1], о стабилизации относительной отработки ресурсов агрегатами систем самолетов. Обнаружились и существенные отличия в процессах старения систем самолетов различных типов. Так, несмотря на существенно большой налет самолетов Ан-24, их топливные системы и шасси существенно моложе, чем у Ту-154М. Средние относительные отработки ресурсов существенно меньше. На первый взгляд это обстоятельство может быть объяснено тем, что топливная система Ан-24 оснащена насосами с коллекторными электродвигателями постоянного тока, ресурс которых меньше, чем у асинхронных трехфазных электродвигателей насосов Ту-154М и их чаще заменяют. Ресурс шасси и замену его агрегатов определяют по числу посадок. Самолет Ан-24 местных авиалиний и его налет на посадку существенно меньше чем у Ту-154М. Помимо того, Ан-24 может садиться как на бетонные, так и на грунтовые взлетно-посадочные полосы. В том и другом случае условия нагружения шасси отличаются. Учет числа посадок на грунт типа бетон не ведется. Более частые посадки с учетом посадок на грунт определяют и более частое обновление агрегатов шасси Ан-24 по налету самолета, и его шасси выглядят «моложе», чем у Ту-154М при большем налете самолета.

Представляет также интерес учет в исследовании процессов старения систем фактора эксплуатанта. Фактор эксплуатанта многогранен, он включает маршруты и высоты полетов (полетные перегрузки), климатические условия летной и технической эксплуатации, оснащенность организаций по техническому обслуживанию, квалификацию персонала и организацию работ.

Функциональные системы самолетов чаще всего имеют многократное общее резервирование. Так, гидросистема Ту-154М имеет в своем составе гидросистемы № 1, № 2, № 3, т. е. трехкратное общее резервирование, гидросистема Ил-86 и Ил-96-300 – четырехкратное общее резервирование. В полете работают все гидросистемы. Каждая из них обслуживает определенные гидроприводы, также чаще резервированные. Уравнять полетные нагрузки на подсистемы не удается обеспечить одинаковым. Одни работают больше чем другие. Это приводит, в частности, к более частым заменам гидронасосов в нагруженных системах. Также можно сказать о топливных системах и о системах кондиционирования воздуха в салоне самолета. Подсистемы одноименных систем вследствие этих причин «стареют» тоже по-разному, и это необходимо учитывать при разработке программ технического обслуживания.

Приведенные результаты показывают, что агрегаты, имеющие отказы и эксплуатирующие на рассматриваемый момент в парке, имеют относительную отработку назначенного ресурса не более 50–60 %, так как происходит обновление авиационного оборудования по причине ремонта и по отработке им назначенного ресурса.

Библиографический список

1. Медведев, В. Л. Надежность функциональных систем длительно эксплуатирующихся самолетов гражданской авиации / В. Л. Медведев, А. Г. Зосимов, Л. Г. Шаймарданов // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2006. Вып. 5(12). С. 165–170.

O. G. Boyko, P. G. Utenkov

FEATURES OF AGEING SAME SYSTEMS OF VARIOUS TYPES OF PLANES

The analysis of ageing of functional systems of An-24 plane finishing operation on development because a resource and service life is lead.

УДК 621.314.1:004.94

Н. Н. Горяшин

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОГО ФИЛЬТРА КВАЗИРЕЗОНАНСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Предложен метод оптимизации параметров выходного фильтра стабилизатора напряжения, построенного на базе квазирезонансного преобразователя с коммутацией ключевого элемента при нулевых значениях тока.

Для регулирования постоянного тока широко используются высокочастотные импульсные преобразователи напряжения. Переход в целях улучшения их технико-экономических показателей к коммутации на повышенных частотах (выше 100 кГц) вызвал необходимость использования схем с резонансными LC-контурами. Этот класс схем позволяет получить плавную, близкую к синусоидальной, форму тока или напряжения на ключе с малыми или нулевыми значениями в моменты коммутации.

В настоящее время разработано много различных топологий высокочастотных преобразователей, в основу которых положена коммутация с формированием траектории переключения под воздействием резонансных контуров [1–3].

В статье рассматривается схема стабилизатора напряжения (СН), построенного на базе квазирезонансного преобразователя с переключением ключевого элемента (КЭ) при нулевых значениях тока (ПНТ-преобразователь), и с частотно-импульсным законом регулирования (рис. 1) [2–3].

Как уже говорилось в [4–6] преобразователь данного типа является существенно нелинейным динамическим объектом управления. В [5] предложена аналитическая модель ПНТ-преобразователя, где учитывается влияние пульсаций тока дросселя выходного фильтра на формирование времени открытого состояния КЭ. Из-за частотного способа регулирования при различных значениях тока нагрузки будет меняться частота коммутации (КЭ), от чего в свою очередь будет зависеть значение размаха пульсаций тока дросселя выходного фильтра – $Д I_{L\text{ф}}$. Таким образом, можно сказать, что значение индуктивности дросселя фильтра будет определять степень влияния размаха пульсаций тока в нем на динамические показатели качества ПНТ-преобразователя, работающего в цепи СН. Отсюда следует, что необходимо определить наиболее рациональные соотношения параметров емкости и индуктивности выходного фильтра при неизменном значении его постоянной времени, где последняя определяется исходя из заданного уровня пульсаций выходного напряжения при минимальной частоте коммутации.

С точки зрения теории автоматического управления для анализа динамических свойств нелинейных систем при действии малых возмущений, нелинейная система может быть представлена как линейная. Так как коэффициент передачи ($K_{\text{ПНТ}}$) (1), рассматриваемой системы, определяется нелинейной зависимостью коэффициента передачи прямого контура от тока нагрузки ($I_{\text{н}}$) в установившемся режиме и от среднего значения тока дросселя в переходном ($I_{L\text{ф}}$) [2], то можно линеаризовать систему во всех точках, определенного техническими требованиями, диапазона токов нагрузки с дискретностью достаточной, для того чтобы в окрестности точки линеаризации, при соответствующих максимальных отклонениях возмущающих воздействий, влиянием нелинейности можно было пренебречь.

$$\begin{cases} K_{\text{ПНТ}} = \dfrac{U_{\text{ср}}}{U_{\text{вх}}} = (f_{\text{к}} / f_0) K(I_{L\text{ф}}); \\ K(I_{L\text{ф}}) = \dfrac{1}{2\text{p}} \left[\dfrac{1 + \sqrt{1 - \left[\dfrac{Z_0 I_{L\text{ф}}}{U_{\text{вх}}} \right]^2}}{\left[\dfrac{Z_0 I_{L\text{ф}}}{U_{\text{вх}}} \right]} + \dfrac{1}{2} \left[\dfrac{Z_0 I_{L\text{ф}}}{U_{\text{вх}}} \right] + \arcsin \left[\dfrac{Z_0 I_{L\text{ф}}}{U_{\text{вх}}} \right] + \text{p} \right], \\ Z_0 = \sqrt{L_{\text{р}} / C_{\text{р}}}. \end{cases} \quad (1)$$

где $f_{\text{к}}$ – частота коммутации; $U_{\text{ср}}$ – среднее значение напряжения на $C_{\text{р}}$.

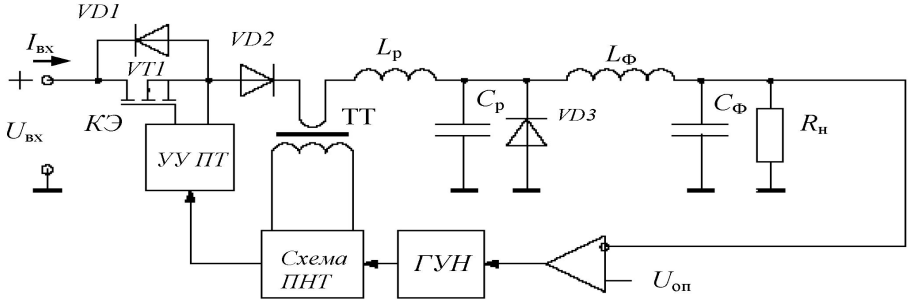


Рис. 1. Упрощенная схема квазирезонансного стабилизатора напряжения:
ТТ – трансформатор тока; ГУН – генератор управляемый напряжением; УУ ПТ – устройство управления полевым транзистором; схема ПНТ – схема слежения за переходом тока через ноль

На этом основании можно определить диапазон токов, при котором система будет устойчива, если в каждой точке линеаризации внутри определенного диапазона токов линеаризованная система будет иметь необходимый запас устойчивости.

Таким образом, для исследования вопросов устойчивости и динамики рассматриваемой системы, необходимо получить линеаризованный вариант математической модели СН на базе ПНТ-преобразователя, описанной в [5]. Подобный подход оправдан, поскольку сохраняются качественные особенности поведения системы при действии исследуемых возмущений (изменение тока нагрузки).

Структурная схема линеаризованной системы представлена на рис. 2, где I_0 – ток нагрузки в установившемся режиме, в окрестности значения которого линеаризуется система СН; коэффициенты K_i и K_d определяются по формулам (2) и (3) для выбранного значения I_0 и соответствующего ему значения Д$I_{L\text{ф}}$; $K_{\text{ос}}$ – коэффициент обратной связи; $R_{\text{экв}}$ – сопротивление, эквивалентное активным потерям внутри силовой части преобразователя**.** $K_{\text{у}} = K_{\text{гун}}\, U_{\text{вх}}/f_0$, где $K_{\text{гун}}$ – коэффициент Гунна, Гц/В; f_0 – собственная частота резонансного контура.

$$K_i = -\frac{d}{dI_{L\text{ф}}}K(I_{L\text{ф}}) = \frac{-Z_0}{2\text{p}U_{\text{вх}}}\left(\frac{1}{2} - \frac{1+\sqrt{1-\left(\frac{I_{L\text{ф}}Z_0}{U_{\text{вх}}}\right)^2}}{\left(\frac{I_{L\text{ф}}Z_0}{U_{\text{вх}}}\right)^2}\right), \quad (2)$$

$$K_d = \frac{2\left(\frac{\Delta I_{L\text{ф}}}{I_{L\text{ф}}}\right)^2}{\text{p}U_{\text{вх}}}Z_0. \quad (3)$$

Для линеаризации был применен стандартный метод малых отклонений, описанный в [7]. Адекватность линеаризованной модели будет зависеть от режима работы ПНТ-преобразователя по току нагрузки, т. е. от рабочего участка на кривой $K(I_{L\text{ф}})$ [6]. А так как данная функция имеет гиперболический характер, то достоверность моделирования переходных процессов (ПП), особенно при ступенчатом изменении нагрузки, будет ухудшаться как при увеличении ступенчатого воздействия, так и при смещении точки стационарного режима в сторону уменьшения тока нагрузки. С другой стороны, нелинейность данного преобразователя представляется гладкой функцией, и при частотном анализе (при условии, что частота тестового сигнала много меньше частоты преобразования) амплитуда высших гармоник на выходе будет не существенной по отношению к первой гармонике с частотой сигнала подаваемого на вход ГУНа, по крайней мере, в пределах диапазона токов нагрузки 60–70 % от максимального. Отсюда следует, что для любого участка кривой $K(I_{L\text{ф}})$ можно подобрать линейный коэффициент, отличный от полученного стандартным методом, при котором моделируемый ПП был бы максимально близок к реальному. Во время ПП (по крайней мере, при сбросе нагрузки) точка на нелинейной характеристике $K(I_{L\text{ф}})$ перемещается влево, что приводит к увеличению фактического значения линеаризованного коэффициента K_i в этот момент времени. При набросе нагрузки $K(I_0)$ стремиться к своему предельному значению, которому соответствует условие $I_{\text{н}} = U_{\text{вх}}/Z_0$, тогда справедливо $I_{\text{н}}Z_0/U_{\text{вх}} = 1$, отсюда, преобразуя функцию (1), получаем

$$K(I_{\text{н}}) = \frac{1}{2\text{p}}\left[1+\frac{1}{2}+\arcsin(1)+\text{p}\right] = 0,989 \approx 1.$$

Таким образом, при рассмотрении предельных случаев по току нагрузки, можно произвести замену $K_iU_{\text{ср}}/K(I_0)$ на $K_iU_{\text{ст}}$, считая что $U_{\text{ст}} \approx U_{\text{ср}}$, где $U_{\text{ст}}$ – напряжение стабилизации равное $U_{\text{вых}}$ в установившемся режиме (рис. 2). Следует отметить, что предложенное утверждение не имеет строгого доказательства, однако если рассматривать данную систему при больших отклонениях возмущающих воздействий, где выполняется условие $Z_0 = R_{\text{мин}}$ ($R_{\text{мин}}$ – минимальное сопротивление нагрузки) [6], то данное приближение может быть приемлемым.

Соответствующая структуре система дифференциальных уравнений (рис. 2) будет выглядеть так:

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dt}U_{\text{вых}} = \dfrac{I_{L\text{ф}}}{C_{\Phi}} - \dfrac{U_{\text{вых}}}{R_{\text{Н}}C_{\Phi}}; \\ \dfrac{d}{dt}I_{L\text{ф}} = \dfrac{K(I_0)\cdot(-U_{\text{вых}}K_{\text{ос}} + U_{\text{оп}})K_{\text{у}} + K_dU_{\text{вх}}I_{L\text{ф}} - }{L_{\text{ф}}} \\ \dfrac{-U_{\text{вых}} - I_{L\text{ф}}K_iU_{C\text{р}}/K(I_0) - I_{L\text{ф}}R_{\text{экв}}}{L_{\text{ф}}}. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда передаточная функция (ПФ) разомкнутого прямого контура линеаризованной системы без учета коэффициента K_Y будет иметь вид:

$$W(s) = \frac{K(I_0)K_R}{K_RC_{\Phi}L_{\Phi}s^2 + K_R\left[\frac{L_{\Phi}}{R_{\text{Н}}} + C_{\Phi}\left(R_{\text{экв}} - K_dU_{\text{вх}} + K_iU_{C\text{р}}/K(I_0)\right)\right]s + 1}, \quad (5)$$

где

$$K_R = \frac{R_{\text{н}}}{R_{\text{н}} + \left(R_{\text{экв}} - K_dU_{\text{вх}} + K_iU_{\text{ср}}/K(I_0)\right)}. \quad (6)$$

Полученная ПФ полностью повторяет ПФ колебательного звена [8]. Приняв эту аналогию, можно записать выражение для коэффициента демпфирования:

$$\text{o} = \sqrt{K_R}\,\frac{\left(\frac{L_{\Phi}}{R_{\text{Н}}} + C_{\Phi}\left(R_{\text{экв}} - K_dU_{\text{вх}} + K_iU_{\text{ср}}/K(I_0)\right)\right)}{2\sqrt{L_{\Phi}C_{\Phi}}}, \quad (7)$$

значение которого будет зависеть от ($R_{\text{экв}} - K_dU_{\text{вх}} + K_iU_{\text{ср}}/K(I_0)$) при прочих фиксированных параметрах, что влияет на качественные характеристики переходного процесса. Отсюда можно сделать вывод, что перерегулирование и время регулирования будут снижаться при увеличении ($R_{\text{экв}} - K_dU_{\text{вх}} + K_iU_{\text{ср}}/K(I_0)$) по крайней мере при малых отклонениях возмущающих воздействий. Такую тенденцию можно проиллюстрировать, используя метод оценки качества переходных процессов по виду вещественной частотной характеристики (ВЧХ), суть которого состоит в том, что различные системы автоматического управления (САУ) имеют мало отличающиеся кривые переходных процессов, если им соответствуют близкие по виду ВЧХ.

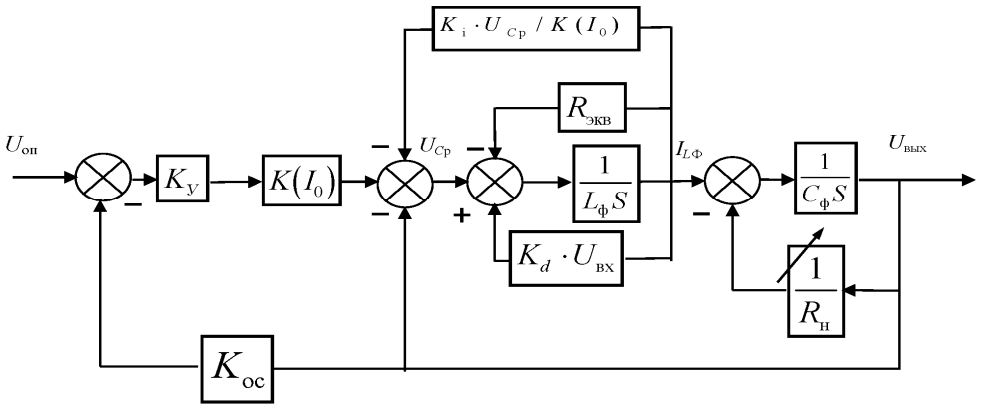


Рис. 2. Преобразованная структурная схема непрерывной линеаризованной модели СН на базе понижающего квазирезонансного ПНТ-преобразователя, без дополнительной коррекции

Далее линеаризованный коэффициент K_d зависит от размаха пульсаций тока дросселя выходного фильтра, который связан со значением его индуктивности следующей формулой:

$$L_ф(\Delta I_{Lф}) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} U_{ср}(t)\,dt}{\Delta I_{Lф}}, \qquad (8)$$

где $(t_2 - t_1)$ – длительность положительной части полуволны напряжения на дросселе выходного фильтра, и тогда выполняется условие $U_{ср}(t_1) = U_{ср}(t_2) = U_{вых}$, где $U_{ср}(t)$ – функция времени напряжения на конденсаторе РК [5], которая также зависит от среднего значения тока дросселя и размаха его пульсаций.

Следовательно, при подборе параметров силовой части ПНТ-преобразователя, оптимизируя их по качеству переходного процесса и по КПД за счет выбора K_d и $R_{экв}$ соответственно, изменяется и значение индуктивности дросселя фильтра. Таким образом, при пересчете индуктивности свое значение должна менять и емкость фильтра из условия, что постоянная времени последнего остается неизменной величиной выбранной, исходя из заданных технических требований к ПН (коэффициент пульсаций напряжения).

Для того чтобы убедиться в целесообразности предложенного выше критерия можно рассмотреть соотношения зависимостей значений индуктивности дросселя и коэффициента K_d от размаха пульсаций тока дросселя: формулы (8) и (3) соответственно. Графическое изображение этих зависимостей представлено на рис. 3. Таким образом, можно сказать что функция (8) носит монотонно убывающий характер близкий к гиперболическому, а функция (3), наоборот, параболический, а это говорит о том, что степень влияния на качество переходного процесса будет увеличиваться в сторону увеличения аргумента.

Резюмируя изложенное можно сказать, что при выборе соотношений емкости и индуктивности выходного фильтра по динамическим параметрам, так же оказывает влияние величина $R_{экв}$, которая, в свою очередь, фактически определяет КПД преобразователя. Таким образом, при едином подходе по энергетике и динамике к проектированию данного типа преобразователей необходимо задавать одну из величин. Учитывая, что разброс параметров реальных элементов выходного фильтра может составлять десятки процентов, задаваемой величиной на первом этапе проектирования может выступать КПД.

Но с другой стороны, сообразно выбранной выше аналогии, из определения устойчивого колебательного звена [8], знак коэффициента демпфирования ξ должен быть всегда положительным, а реальные значения $R_{экв}$, при которых имеет практический смысл, данный преобразователь электроэнергии, как устройство с высоким КПД, сравнительно малы. Поэтому при таком подходе получения максимальной эффективности по динамическим показателям силовой части ПНТ-преобразователя следует ограничиваться значением коэффициента демпфирования, при котором происходит смена его знака.

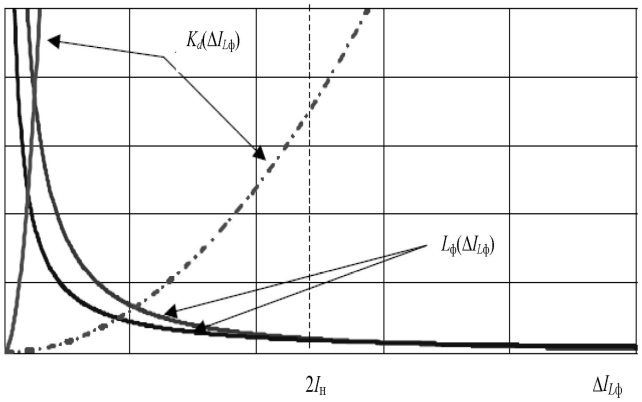


Рис. 3. Семейство характеристик определяющих связь K_d и $L_Ф$ с размахом пульсаций тока дросселя выходного фильтра ПНТ-преобразователя, при разных значениях тока нагрузки

Для того чтобы оценить зависимость влияния линеаризованного коэффициента K_d и соответствующего ему значения индуктивности дросселя выходного фильтра на динамические показатели качества, эти параметры можно связать аналитически через коэффициент демпфирования при фиксированном значении тока нагрузки. На основании того, что функция $K(I_{Lф})$ монотонно убывающая, ее производная по $I_{Lф}$ всегда будет иметь знак минус для $0 < I_{Lф} < U_{вх}/Z_0$. Таким образом, при анализе функции $\xi(\Delta I_{Lф})$ необходимо учитывать наличие местной отрицательной об-

ратной связи, коэффициент которой будет зависеть от тока нагрузки (рис. 2).

В результате этого искомое выражение можно записать так:

$$\mathrm{o}\left(\Delta I_{L\phi}\right)=\sqrt{K_R\left(\Delta I_{L\phi}\right)}\times \left(\frac{L_\Phi\left(\Delta I_{L\phi}\right)}{R_\text{н}}+\frac{\left(\sqrt{L_\Phi C_\Phi}\right)^2}{L_\Phi\left(\Delta I_{L\phi}\right)}\left(R_\text{экв}+K_i U_{C\text{р}}/K\left(I_0\right)-K_d\left(\Delta I_{L\phi}\right)U_\text{вх}\right)\right)\times \frac{}{2\sqrt{L_\Phi C_\Phi}}, \quad (9)$$

где $\sqrt{L_\phi C_\phi}=\text{const}$; K_i –линеаризованный коэффициент (2), соответствующий заданному току нагрузки I_0.

Так как физический смысл функция o($\Delta I_{L\phi}$) имеет только при положительных значениях своего аргумента, то формально рассматриваются только те значения, которые расположены в первом и четвертом квадрантах координатной плоскости. Семейство характеристик коэффициента демпфирования при значениях тока нагрузки 50 % и 100 % от номинального значения по возрастанию нумерации графиков соответственно, и соответствующих этому току значениях линеаризованного коэффициента K_i представлено на рис. 4, *б*. Кривые, описывающие соответствие значений индуктивности дросселя размаху пульсаций тока в нем при фиксированном значении постоянной времени выходного фильтра и напряжения нагрузки для разных значений токов нагрузки, показаны на рис. 4, *а*. На основании этих графиков можно сделать вывод, что область поиска оптимального, с точки зрения динамики, соотношения индуктивности и емкости выходного фильтра силовой части ПНТ-преобразователя, должна определяться предельными режимами, заданными в технических условиях на ПН.

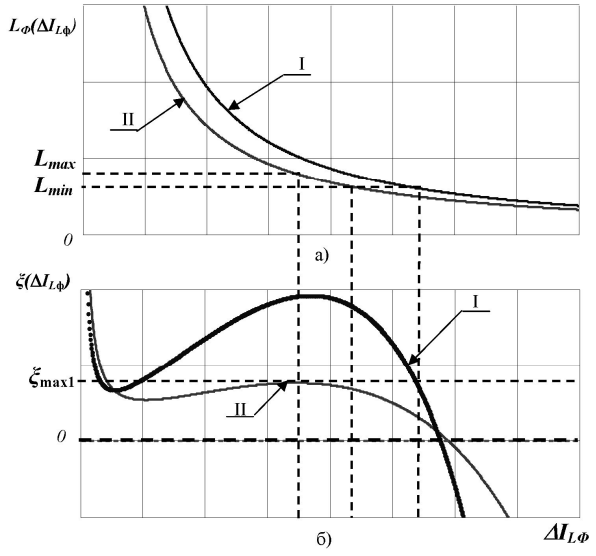


Рис. 4. Зависимость индуктивности дросселя выходного фильтра от размаха пульсаций тока в нем при различных значениях тока нагрузки (*а*), семейство характеристик, показывающих зависимость коэффициента демпфирования от размаха пульсаций тока дросселя (*б*)

Для дальнейшего анализа определим ограничения, накладываемые на значение индуктивности дросселя выходного фильтра в соответствие с установленными зависимостями и режимом ПНТ, в определенном техническими условиями диапазоне токов нагрузки:

1. Поддержание резонансного цикла на всем временном участке открытого состояния КЭ возможно только при условии $2I_\text{н} > \Delta I_{L\phi}$ [4].

2. Учитывая, что основным возмущающим воздействием в рассматриваемом СН, как правило, является изменение тока нагрузки, то для обеспечения требуемого показателя просадки выходного напряжения при наихудшем случае возмущающего воздействия, определяемого техническими условиями, необходимо задаваться минимальным значением емкости конденсатора выходного фильтра.

Таким образом, учитывая эти ограничения, можно определить некоторую область возможных значений индуктивности дросселя фильтра при фиксированном значении его постоянной времени.

Возвращаясь к графикам, приведенным на рис. 4, где изображены кривые, соответствующие предельным значениям тока нагрузки (на рис. 5, *а* приведен такой же график, что и на рис. 4, *б*, только в системе трех координат), произведем анализ этих режимов. Исходя из смысла коэффициента демпфирования колебательного звена [8], можно сказать что, увеличение его значения приводит к повышению запаса устойчивости и снижению показателя колебательности при переходном процессе системы. Поэтому с точки зрения динамических свойств системы наилучшим вариантом соотношения L_ϕ и C_ϕ при $(L_\phi C_\phi)^{1/2}=\text{const}$ будет то, при котором значение o будет достигать максимума в определенном диапазоне токов $I_{L\phi}$, задаваемом с учетом установленных выше ограничений.

Учитывая, что при разных значениях $I_{L\phi}$ функция o($\Delta I_{L\phi}$) имеет разные значения максимума, соответствующие также отличным друг от друга значениям индуктивности дросселя L_ϕ, для определения наиболее рационального с точки зрения динамики преобразователя значения L_Φ, нужно исходить из наихудшего случая. Таким случаем является кривая II (рис. 4, *б*), где максимум o($\Delta I_{L\phi}$), обозначенный на графике (ξ_{max1}), имеет наименьшее значение во всем диапазоне токов нагрузки. Далее, если спроецировать эту точку на кривую II (рис. 4, *а*), можно получить значение индуктивности, которое будет соответствовать данному режиму (по току нагрузки), следовательно, это значение можно принять за максимально возможное – L_max. С другой стороны, если рассмотреть кривую I (рис. 4, *б*), которая соответствует минимальному току нагрузки, то на ней можно найти точку, соответствующую максимальному значению функции o($\Delta I_{L\phi}$) на кривой II, и также, по аналогии с предыдущим режимом, определить соответствующее значение индуктивности дросселя фильтра, которое, в свою очередь, можно принять за минимально возможное – L_min в рассматриваемом диапазоне токов.

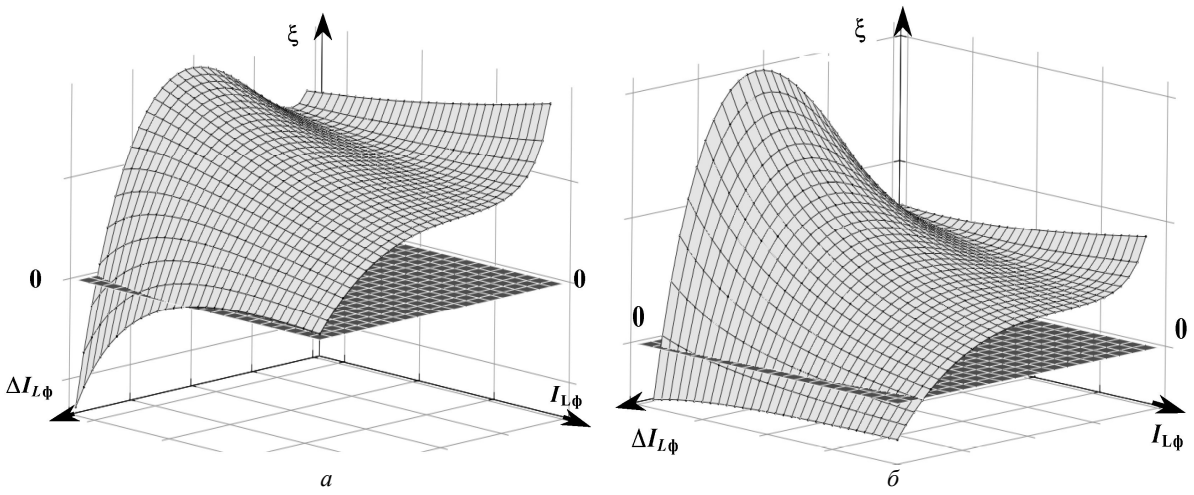
Таким образом, рассматривая только предельные по току нагрузки режимы работы ПНТ-преобразователя, можно определить область возможных значений индуктивности дросселя выходного фильтра, при заданных значениях $R_\text{экв}$, и постоянной времени фильтра. При этом учитывается взаимовлияние энергетических и динамических факторов, также ре-

шается задача устойчивости СН на базе ПНТ-преобразователя, исходя из определения устойчивого колебательного звена [8].

Полученный в результате диапазон значений [L_{min}; L_{max}] достаточно мал для того, чтобы сводить метод к поиску конкретного значения. Это связано с тем, что реальные индуктивные элементы в силу ряда причин: зависимости магнитной проницаемости магнитопровода от тока подмагничивания, погрешности намотки, неоднородности материала и т. д. имеют достаточно большой разброс, составляющий десятки процентов, а также потому, что предложенный метод использует приближенную линейную модель данного преобразователя. Поэтому при синтезе выходного фильтра ПНТ-преобразователя достаточно некоторой области значений, определяющих допуск на величину индуктивности дросселя выходного фильтра. Энергетические показатели, которые задаются на начальном этапе проектирования, определяются, исходя из материалов и массогабаритных характеристик магнитопровода дросселя, а также удельного сопротивления намоточного провода, таким образом, чтобы в совокупности с потерями мощности на других элементах силовой части ПНТ-преобразователя удовлетворить заданному значению $R_{экв}$.

Графики функции (9) $\xi(\Delta I_{L\phi}, I_{L\phi})$ приведены на рис. 5, где в случае (*а*) использован линеаризованный коэффициент местной обратной связи по среднему току дросселя фильтра $K_i U_{Cp}/K(I_0)$ (рис. 2) как указано в (9), а в случае (*б*) данный коэффициент заменен на $K_i U_{ст}$. Как видно из графиков, в обоих случаях сохраняется экстремальный характер функции, и значения экстремума для каждой точки $I_{L\phi}$ лежат в близких пределах значений $\Delta I_{L\phi}$. В случае на рис. 5, *б* экстремум является более ярко выраженным, что иногда может упростить поиск значения σ_{max1} (рис. 4, *а*). Таким образом, предложенное выше упрощение может быть использовано в рассматриваемом методе определения параметров выходного фильтра.

Переходные процессы на выходе P-spice модели СН на базе ПНТ-преобразователя без дополнительных частотных корректирующих звеньев при ступенчатом изменении нагрузки (50 % от номинальной) представлены на рис. 6. Кривая I соответствует параметрам выходного фильтра рассчитанного с использованием предложенной методики (L_{ϕ} = 23·10^{-6} Гн), кривая II получена при удвоенном значении индуктивности при условии $(L_{\phi}C_{\phi})^{1/2}$ = const. Параметры модели приведены в таблице.



а *б*

Рис. 5. Зависимость коэффициента демпфирования от размаха пульсаций тока дросселя и тока нагрузки при коэффициенте местной обратной связи:
а – $K_i U_{ср}/K(I_0)$; *б*– $K_i U_{ст}$

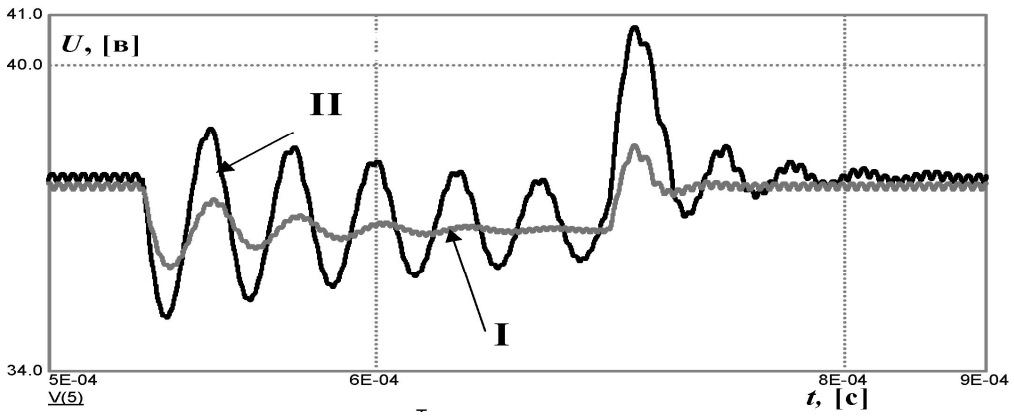


Рис. 6. Переходные процессы на выходе квазирезонансного СН при ступенчатом изменении нагрузки от 10 до 5 Ом и обратно, при разных соотношениях емкости и индуктивности выходного фильтра

Параметры модели

Параметры	$L_р$, Гн	$C_р$, Ф	$(L_Ф C_Ф)^{1/2}$, С	$U_{вх}$, В	$U_{оп}$, В	$K_{гун}$ кГц/В]	$K_{ос}$
Значения	$1\cdot10^{-6}$	$40\cdot10^{-9}$	$2\cdot10^{-5}$	80	4	1 000	0,1

Основным результатом данной работы является методика, позволяющая определять наиболее рациональное соотношение, параметров выходного фильтра ПНТ-преобразователя работающего в силовой цепи стабилизатора напряжения, с точки зрения динамических показателей качества при действии возмущений со стороны нагрузки. В качестве критерия оптимизации принято выполнение условия максимума относительного коэффициента демпфирования, который зависит от режима данного квазирезонансного СН по току нагрузки и соотношения параметров выходного фильтра при условии $(L_ф C_ф)^{1/2}$ = const. Последняя зависимость, как правило, имеет экстремальный характер (рис. 4, *б*, 5), но этот экстремум не всегда может находиться на рабочем участке исследуемого преобразователя. Данный метод основан на использовании приближенной линейной модели ПНТ-преобразователя, но, тем не менее, экспериментальные результаты [4] показывают, что точность такого метода достаточна для практического расчета параметров выходного фильтра.

Библиографический список

1. Лукин, А. В. Высокочастотные преобразователи постоянного напряжения и их классификация / А. В. Лукин // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 1998. № 1, С. 33–36.

2. Erickson, R. W. Fundamentals of Power Electronics / R. W. Erickson. First Edition New York : Chapman and Hall, May 1997. 791 pages, 929 line illustrations.

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

4. Горяшин, Н. Н. Практика создания квазирезонансных преобразователей напряжения / Н. Н. Горяшин // Электронные и электромеханические устройства : сб. науч. тр., Сиб. изд. фирма «Наука» СОРАН, 2007. С. 121–130.

5. Горяшин, Н. Н. Математическая модель стабилизатора напряжения на базе квазирезонансного преобразователя / Н. Н. Горяшин // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та. им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 119–125.

6. Горяшин, Н. Н. Определение волнового сопротивления колебательного контура квазирезонансного стабилизатора напряжения / Н. Н. Горяшин, А. А. Соломатова // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. Вып. 14. С. 99–102.

7. Санковский, Е. А. Справочное пособие по теории систем автоматического регулирования и управления / Е. А. Санковскоий. Минск : Вышэйш. шк., 1973. 584 с.

8. Иващенко, Н. Н. Автоматическое регулирование / Н. Н. Иващенко. 4-е изд. М. : Машиностроение. 1978. 736 с.

N. N. Goryashin

THE OPTIMIZATION OF OUTPUT FILTER PARAMETERS OF QUASI-RESONANT VOLTAGE REGULATOR

The optimization method of output filter parameters of voltage regulator, developed on the bases of zero-current switch voltage regulator is given.

УДК 621.4.004.67

И. А. Толманов, А. И. Толманов

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЯ ПС-90А

Предложена методика, по которой авиакомпания сама может определять и заказывать межремонтные ресурсы двигателю, исходя из опыта эксплуатации, типа воздушного судна и интенсивности его эксплуатации. Методика позволяет определить отчисления с летного часа и цикла для расчета накоплений на ремонт двигателя.

Двигатель ПС-90А не имеет фиксированных межремонтных ресурсов (по часам и по циклам) и в процессе эксплуатации в пределах назначенного ресурса может проводиться несколько восстановительных ремонтов, после которых каждый двигатель получает индивидуальные межремонтные ресурсы по часам и по циклам.

В эксплуатации двигатель отправляется в ремонт в трех случаях: отработка ресурса, досрочное снятие двигателя (ДСД) по причине неисправности, в случае

доработок по бюллетеням (если невозможно их произвести на месте).

Рассмотрим предлагаемую методику на примере ремонта двигателя ПС-90А № 3949044901015, который стоял в декабре 2005 г. вторым двигателем на ВС Ту-204-100 бортовой номер 64 019 «Красноярских авиалиний». (В статье «Методика определения технического состояния двигателя ПС-90А» это двигатель под условным номером 12).

Этот двигатель был получен с авиаремонтного завода («Пермский Моторный Завод») с назначенным ресурсом по часам 11 000, по циклам 1 786. Двигатель был досрочно снят с эксплуатации при наработке 2 162 часа и 580 циклов и направлен в ремонт по причине попадания в проточную часть птицы. После первого ремонта этому двигателю был назначен межремонтный ресурс 11 000 летных часов и 1 362 цикла. На 01.11.2005 г. наработка после последнего ремонта (ППР) данного двигателя составила 1 267 часов и 251 цикл. Если этот двигатель будет эксплуатироваться с такой же интенсивностью, он выработает свой ресурс по циклам (1 362), а наработка по часам составит 6 875. За время эксплуатации до поступления в ремонт на двигателе необходимо будет заменить 9 АиКИ из навесного оборудования, которые эксплуатируются по часам (насос необходимо заменять дважды т. к. его назначенный ресурс 3 000 летных часов), и три АиКИ по циклам, имеющих остаток ресурса недостаточный для отработки межремонтного ресурса. Стоимость заменяемых агрегатов в процессе эксплуатации 3 804 154 руб. в ценах 2003 г. (цены приводятся для сравнения, они удовлетворяют условиям анализа).

При выборе варианта ремонта для экономии финансовых ресурсов, необходимо учитывать на каких маршрутах будет эксплуатироваться ВС с данным двигателем и заказывать соответствующее отношение ресурса по часам к ресурсу по циклам, т. е. $K_д$. Кроме этого необходимо иметь в виду, что у некоторых АиКИ имеется невыработанный ресурс и в случае их замены стоимость нового агрегата, имеющего 100 % назначенный ресурс, для авиакомпании определяется как разница его цены и остаточной стоимости заменяемого АиКИ (кроме АиКИ, остаточный ресурс которых менее 25 %, за замену таких агрегатов необходимо выплатить 100 % их стоимости).

В расчетах не учитывается постоянная составляющая стоимости ремонта (транспортировка, разборка, промывка и т. д.) и стоимость замены АиКИ как во время эксплуатации так и при ремонте, так как нет достоверных данных, также не учитываем возможность продления ресурса АиКИ при модернизации двигателя.

Блок-схема подготовки и проведения ремонта приведена на рис. 1. Рассмотрим методику ремонта более подробно. Из парка двигателей выбирается конкретный двигатель, который в скором времени необходимо отправить в ремонт в связи выработкой ресурса (в нашем случае двигатель выработал ресурс по циклам). Производится детальный анализ данного двигателя и сравнение его со всем парком двигателей. Это делается для того, чтобы определить часть агрегатов (навесных) с лучшим состоянием, чем на других двигателях с целью их перестановки. Эта операция проводится для того, чтобы не было простоя двигателя по причине отсутствия запчастей, при этом хоть и незначительно, но увеличивается ресурсное состояние других двигателей в основном по часовой составляющей за счет двигателя, отправляющегося в ремонт.

По предлагаемой методике авиакомпания сама может определить и заказать межремонтный ресурс по часам и по циклам и их соотношение, т. е. $K_д$, исходя из опыта эксплуатации, соображений на какой тип ВС планируется установка двигателя после ремонта и с какой интенсивностью предполагается его эксплуатировать, т. е. $K_э$, (желательно, чтобы $K_д = K_э$) и к следующему (третьему) ремонту двигатель подошел бы с выработанными ресурсами и по часам и по циклам.

Стоимость ремонта напрямую зависит от количества АиКИ, заменяемых при ремонте, чтобы его определить необходимо остатки ресурсов АиКИ ранжировать по возрастающей отдельно по часам и по циклам. Для наглядности строится совмещенный график «Изменение количества заменяемых АиКИ в зависимости от межремонтного ресурса».

График для анализируемого двигателя представлен на рис. 2. Здесь следует отметить, что каждый двигатель парка будет иметь свой график, и его вид будет зависеть от технического и ресурсного состояния на момент отправки в ремонт.

Цена делений шкалы по часам и по циклам отличается в пять раз и это не случайно. Такое соотношение шкал определяется интенсивностью эксплуатации до ремонта (1 267 часов, 251 цикл, а отношение их $K_э = 5{,}048$). На этом же графике нанесены линии пяти различных вариантов ремонта, которые позволяют определить для каждого варианта ресурсы по часам и по циклам, количество заменяемых АиКИ как по часам, так и по циклам. При анализе графиков на рис. 2 проверяем возможность увеличения межремонтного ресурса без дополнительной замены агрегатов, и, следовательно, финансовых затрат. Это необходимо делать для того, чтобы правильно сформировать отчисление финансов на проведение последующего ремонта.

Рассмотрим подробно вариант ремонта № 1, а результаты анализа других вариантов представлены в табл. 1 и графически на рис. 3, 4, 5. Вариант ремонта № 1: заказываем межремонтный ресурс 1 700 циклов и 8 581 летных часов ($K_д = 5{,}048$).

В этом случае при ремонте необходимо заменить 50 АиКИ, ресурсы которых назначаются в летных часах, и 21 по циклам. Остаточная стоимость заменяемых АиКИ по часам составляет 2 974 351, по циклам 1 705 983 руб. Стоимость новых агрегатов по часам 7 309 911 руб., по циклам 10 798 391 руб. Общая стоимость новых АиКИ 18 108 302 руб.

Таким образом, стоимость ремонта (без учета стоимости замены АиКИ и постоянной составляющей) равняется 13 427 968 рублей (в ценах 2003 г.). При этом имеется возможность увеличения межремонтного ресурса по часам до 8 807, а по циклам до 1 937 без увеличения стоимости ремонта, так как нет необходимости дополнительной замены АиКИ ни по часовой, ни по циклической составляющим.

Рис. 1. Блок-схема оптимизации ремонта

Таблица 1

Результаты анализа вариантов ремонта

Двигатель ПС-90А № 394904401015	Межремонтный ресурс		Стоимость АиКИ с учетом остаточной, руб.			Продолжительность цикла
	по часам	по циклам	по часам	по циклам	общая	$K_д$
После ремонта № 1	11 000	1 362	–	–	–	4,05
После ремонта № 2 (Вариант № 1)	8 807	1 937	4 335 560	9 092 408	13 427 968	4,55
После ремонта № 2 (Вариант № 2)	8 125	1 639	4 288 117	8 527 548	12 815 665	4,96
После ремонта № 2 (Вариант № 3)	7 568	1 559	4 236 199	8 457 216	12 693 415	4,85
После ремонта № 2 (Вариант № 4)	5 110	1 559	2 937 385	8 457 216	11 394 601	3,28
После ремонта № 2 (Вариант № 5)	8 807	1 559	4 335 560	8 457 216	12 792 776	5,64

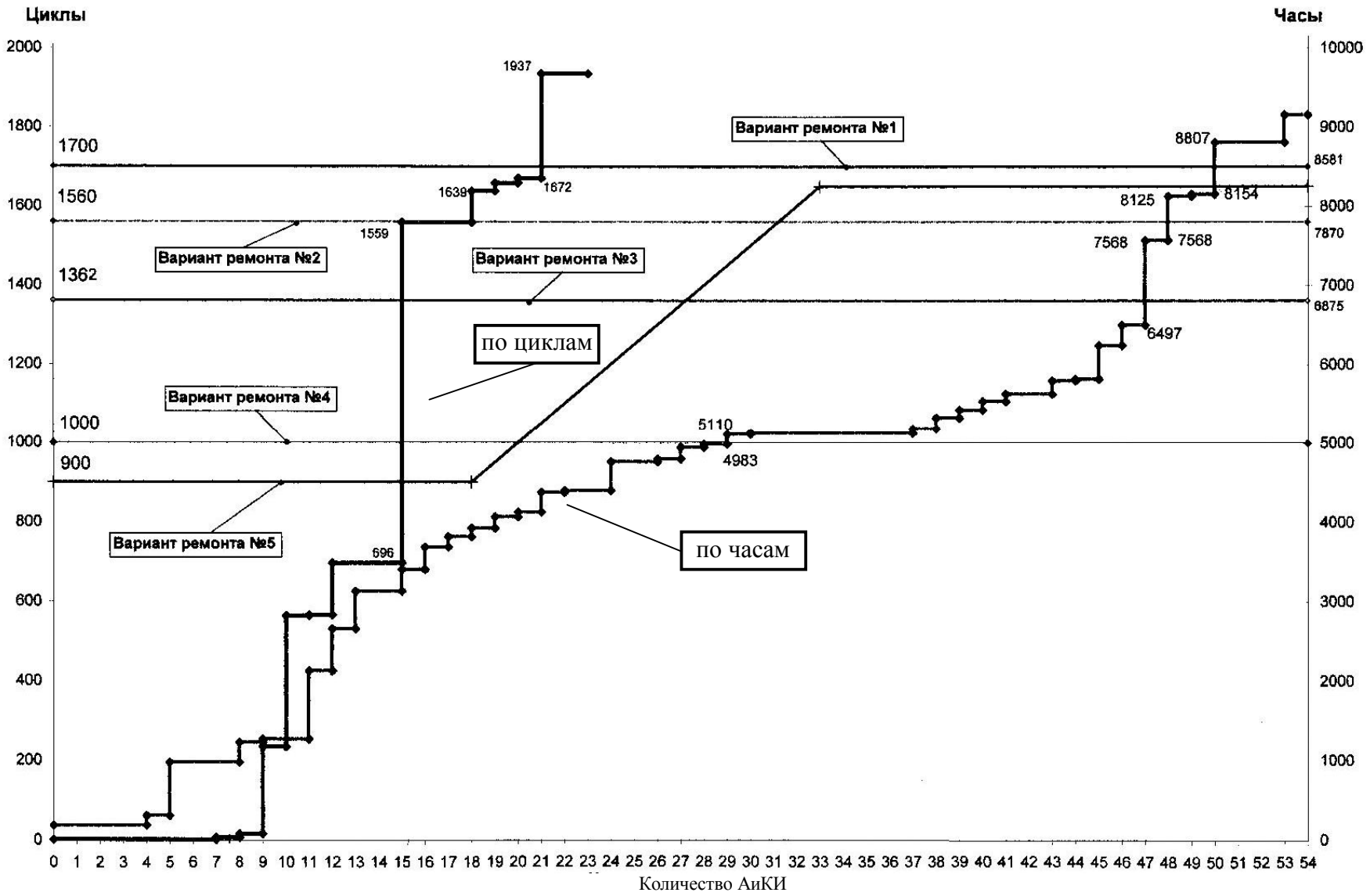


Рис. 2. Изменение количества заменяемых АиКИ в зависимости от межремонтного ресурса

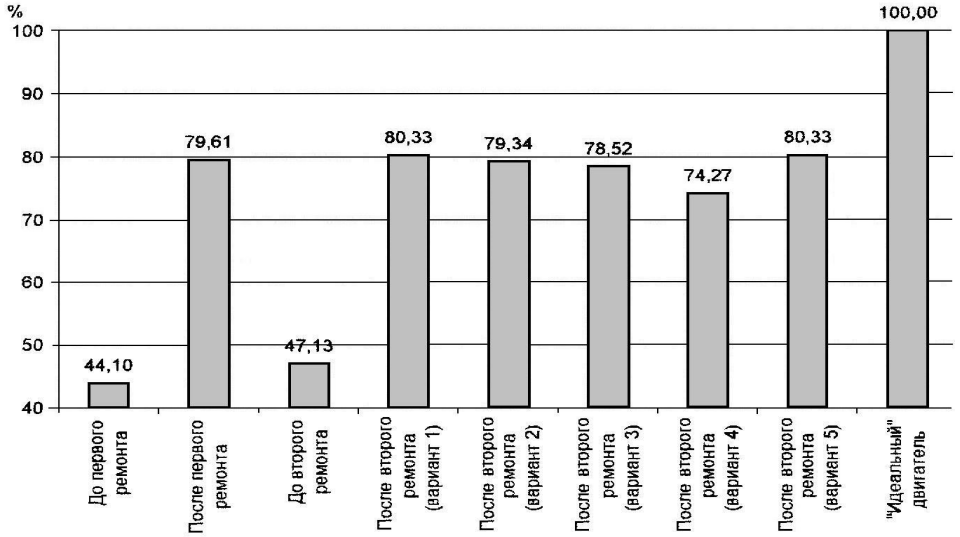


Рис. 3. Состояние двигателя № 3949044901015 в сравнении с «идеальным» по часовой составляющей, %

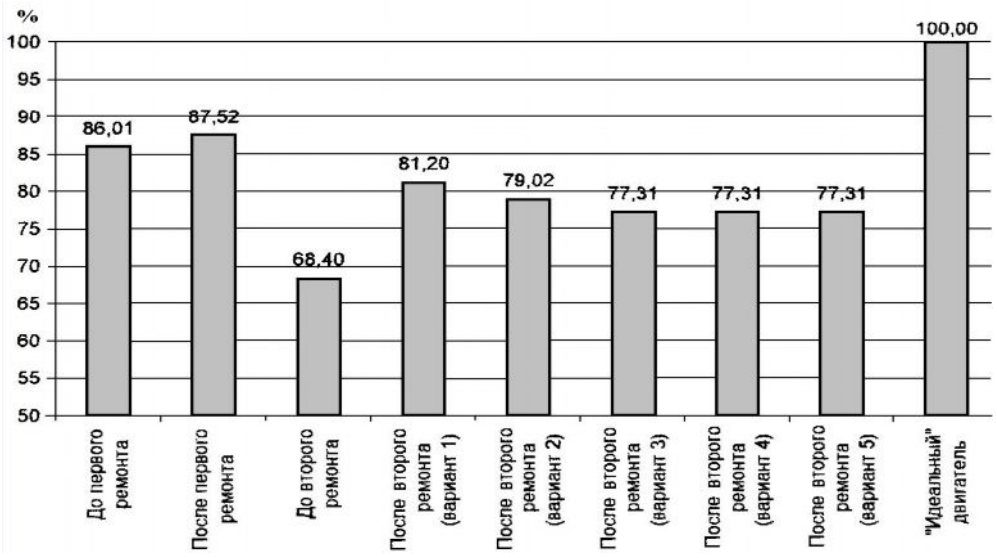


Рис. 4. Состояние двигателя № 3949044901015 в сравнении с «идеальным» по циклической составляющей, %

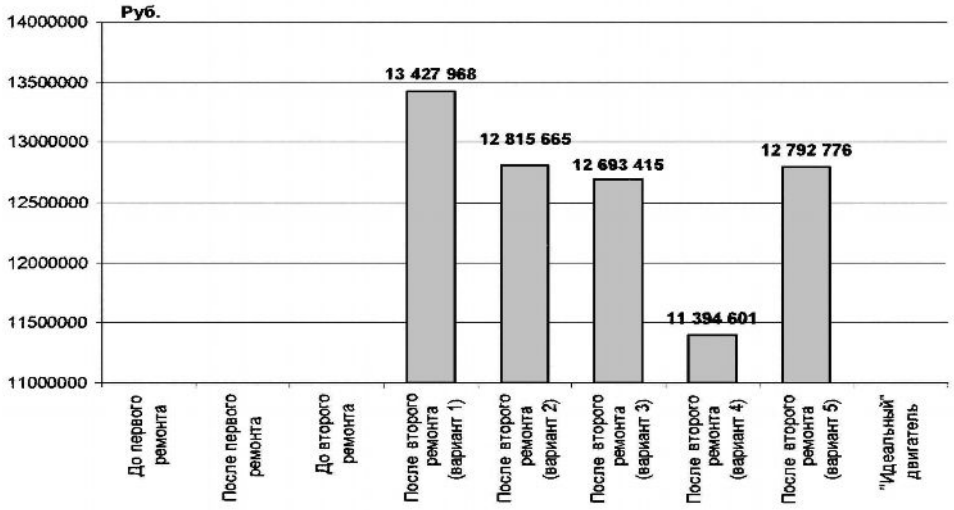


Рис. 5. Стоимость вариантов ремонта двигателя № 3949044901015

Диаграмма состояния двигателя по отношению к «идеальному» по часовой составляющей для различных вариантов ремонта представлена на рис. 3, а на рис. 4 аналогичная, но по цикличной составляющей.

Они характеризуют осредненное техническое состояние. «Идеальны» двигатель это мнимый двигатель «собранный» из АиКИ, имеющих максимальные назначенные ресурсы по часам и по циклам (причем эти ресурсы не выработаны) из парка двигателей.

Для наглядности графически представим стоимость ремонта двигателя для различных вариантов (рис. 5). При определении стоимости ремонта не учитывались постоянные составляющие ремонта и стоимость замены АиКИ в эксплуатации из-за отсутствия данных.

Анализируя графики рис. 2 и формулярные данные двигателя, можно сделать вывод, что межремонтный ресурс по циклам после первого ремонта (1 362 цикла) лимитировался семью АиКИ, у которых остаточный ресурс составлял 1 362 цикла два АиКИ с остаточным ресурсом 1 369 и 1 378 циклов. Они не были заменены во время первого ремонта так как среди них были дорогостоящие АиКИ, это − спрямляющий аппарат вентилятора стоимостью 3,5 млн руб., диск второй ступени ТВД − 0,9 млн руб. и дефлектор диска второй ступени ТВД − 0,47 млн руб.(цены 2003 г. и незначительно округлены). Если бы они были заменены, то ресурс межремонтный по циклам увеличился с 1 362 до 1596 циклов, т. е. за 234 цикла дополнительно пришлось бы заплатить более 5 млн руб. (только три из девяти вышеуказанных АиКИ стоят 4,87 млн руб.). Кстати, дефлектор диска второй ступени турбины высокого давления (ТВД) является лимитирующим при назначении межремонтного ресурса по циклам, так как у него назначенный ресурс по циклам равен 1 963 и он минимальный среди АиКИ по циклам.

По любому из вариантов ремонта предлагается заменить не менее 15 АиКИ по циклам, а по первому даже 21. Здесь следует задуматься, где лучше остановиться. При замене 15 АиКИ по циклам межремонтный ресурс − 1 559 циклов, а при замене 21 − 1 937, но назначенный ресурс у спрямляющего аппарата вентилятора 2 104 цикла и в первом случае остаточный ресурс по циклам перед третьим ремонтом у него будет 545 циклов (26 %), а во втором − 167 циклов (8 %) и никакой надежды на зачет остаточной стоимости при третьем ремонте, только дополнительные затраты при втором ремонте (635 тыс. руб.). Предлагаемая методика позволяет эксплуатанту провести подробный анализ по дорогостоящим АиКИ. Из представленных результатов анализа видно, что АиКИ, которые эксплуатируются по циклам, значительно дороже чем АиКИ, которые эксплуатируются по часам, причем замена последних в большинстве случаев не требует капитального ремонта и возможна при ТО двигателя. Какой именно вариант ремонта выбрать решать авиакомпании, но, применяя предлагаемую методику можно заказать практически любой ресурс. Основным критерием выбора варианта ремонта является оптимальное соотношение «цена-ресурс».

В связи с тем, что ремонт двигателя ПС-90А стоит дорого необходимо накапливать денежные средства в процессе отработки межремонтного ресурса. Величина отчислений с летного часа и цикла в зависимости от наработки изменяется неравномерно, на нее оказывает влияние количество и стоимость заменяемых в процессе эксплуатации АиКИ и стоимость предстоящего ремонта и зависит от межремонтного ресурса.

Стоимость отчислений с одного летного часа $C_{лч}$ можно вычислить так:

$$C_{лч} = \frac{C_р^ч + C_{зам}^ч}{T_р^ч}, \quad (1)$$

где $C_р^ч$ − стоимость работы по замене АиКИ по часам; $C_{зам}^ч$ − стоимость заменяемых АиКИ по часам; $T_р^ч$ − межремонтный ресурс в часах.

Стоимость отчислений с одного цикла определится аналогично:

$$C_ц = \frac{C_р^ц + C_{зам}^ц}{T_р^ц}. \quad (2)$$

Отчисления с летного часа и цикла для пяти предложенных вариантов ремонта без учета работы по замене АиКИ и постоянной составляющей ремонта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Величина отчислений в рублях

Вариант ремонта	1	2	3	4	5
С летного часа	492	528	560	575	492
С одного цикла	4 694	5 203	5 425	5 425	5 425

Таким образом, изложенная выше методика оптимизации ремонта двигателя ПС-90А позволяет обоснованно заказывать межремонтные ресурсы по часам и по циклам с учетом потребностей эксплуатирующей авиакомпании, оценить стоимость предстоящего ремонта и планово накопить денежные средства на ремонт. Она также позволяет вести учет ресурсного состояния и оценить техническое состояние двигателя пришедшего с ремонта.

I. A. Tolmanov, A. I. Tolmanov

THE METHODS OF THE PS-90A REPAIRMENT OPTIMIZATION

The proposed methods are that aircompany can now define and order itself the engine resources due to the exploitation experience, the type of the aircraft and the intensiveness of it's exploitation. The methods allow to define the payment, counting the flight hours and the cycles in order to calculate the accumulations for the engine repairment.

УДК 629.78.064.52

М. Ю. Сахнов

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ РАБОТЫ НИКЕЛЬ-ВОДОРОДНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ АККУМУЛЯТОРОВ В СОСТАВЕ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрены особенности эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей на геостационарной орбите, а также результаты эмпирического поиска алгоритмов управления НВАБ. Приведены результаты исследования достаточного количества управляющих аккумуляторов и описаны разработанные процедуры управления НВАБ с большим количеством аккумуляторов.

Стремительное развитие телекоммуникаций требует передачи все больших объемов информации на большие расстояния. Это в свою очередь требует создания более мощных спутников связи с длительным сроком службы.

Одним из элементов системы питания, определяющих срок службы и мощность спутника является аккумуляторная батарея. В настоящее время никель-водородные аккумуляторные батареи (НВАБ), благодаря высокой удельной энергии, практически неограниченному сроку эксплуатации и высокой эксплуатационной надежности прочно завоевали место химических источников тока для космических программ разработки ОАО «ИСС». Эксплуатационная надежность НВАБ обеспечивается за счет простоты и устойчивости алгоритмов управления зарядом, а также за счет конструкции НВ-аккумулятора (НВА) разработки ОАО «Сатурн», который, имея замкнутые кислородно-водородные циклы, практически безопасен при перезаряде и переразряде при гарантированном отводе тепла.

Так, серия КА с мощностью СЭП 4200 Вт и напряжением на шине питания 40 В была создана с использованием НВАБ типа 40НВ-70 (40 аккумуляторов номинальной емкостью 70 А·ч). Однако, применение шины питания с напряжением 40 В является неэффективным с точки зрения массы и КПД СЭП в случаях создания спутников: 1) с мощностью СЭП 5 кВт и более; 2) с небольшой массой.

В таких случаях рациональнее использовать шину питания с более высоким напряжением, для чего необходимы аккумуляторные батареи с большим количеством аккумуляторов. Поэтому, для создания спутников связи с мощностью СЭП 2,5 кВт и массой до 1 000 кг применена шина питания с напряжением 100 В и НВАБ типа 60НВ-40 (60 аккумуляторов номинальной емкостью 40 А·ч).

Опыт эксплуатации никель-водородных аккумуляторных батарей с 40 аккумуляторами с применением сигнальных датчиков давления показал, что из-за несоответствия температурного режима функционирования батареи в составе КА температурному режиму, при котором происходит настройка сигнальных датчиков, могут иметь место такие негативные явления, как температурный градиент и разбаланс аккумуляторов по емкости, которые существенно ограничивают энергетические возможности и срок службы НВАБ. В результате снижается эксплуатационная надежность обеспечения работы модуля полезной нагрузки на теневых участках орбиты.

С увеличением количества аккумуляторов в батарее также увеличивается вероятность возникновения вышеуказанных аномалий. Поэтому встал вопрос о применимости имеющихся процедур управления к НВАБ с количеством аккумуляторов до 60 штук и выбор достаточного количества управляющих аккумуляторов для поддержания энерго-емкостных характеристик АБ в течение срока эксплуатации.

Основные аномалии, возникающие в никель-водородной аккумуляторной батарее. Герметичный никель-водородный аккумулятор работает следующим образом: при заряде на водородном электроде (ВЭ) выделяется водород, при этом давление водорода в аккумуляторе пропорционально степени заряженности; при разряде на водородном электроде ионизируется водород, поступающий из газовой фазы.

Стабильность (неразрушаемость при перезаряде-переразряде) НВА обеспечивается замкнутыми кислородным и водородным циклами, что является особенностью электрохимической системы. Благодаря этой особенности давление внутри аккумулятора стабилизируется и возможность разрушения исключается.

Замкнутый кислородный цикл осуществляется следующим образом. При перезаряде на окисно-никелевом электроде (ОНЭ) выделяется кислород и накапливается в газовом пространстве аккумулятора. В момент, когда парциальное давление кислорода обеспечит скорость его ионизации на ВЭ, рост давления в аккумуляторе прекращается. Система приходит в стационарное состояние, при котором устанавливается стационарная теплопередача.

Замкнутый водородный цикл при переразряде осуществляется при наличии остаточного давления водорода следующим образом: выделяющийся на ОНЭ водород поглощается на ВЭ.

При ограниченном теплоотводе при перезаряде возможно возникновение «теплового разгона». Тепловыделение повышается после заряда выше 80 % номинальной емкости ($С_{ном}$) и особенно – при температуре более 25 °С. Это обусловлено выделением кислорода из ОНЭ и его дальнейшей реакцией с водородом (экзотермическая реакция). Чем выше температура и степень заряженности АБ, тем выше тепловыделение и тем выше скорость реакции кислорода с водородом, то есть процесс идет с положительной обратной связью, и батарея начинает работать в неблагоприятных температурных условиях.

Также, при эксплуатации НВАБ возможно возникновение температурного градиента, который представляет собой радиальную или осевую разницу температур внутри аккумулятора. Причиной возникновения температурного градиента является переход на управление зарядом от аккумуляторов с существенно более высоким током саморазряда. В результате ряд

аккумуляторов НВАБ, имеющих меньший ток саморазряда по сравнению с управляющими аккумуляторами[1], попадают в режим перезаряда. При этом наблюдается повышение тепловыделения аккумуляторов при хранении в заряженном состоянии на солнечном участке орбиты.

Как правило, у аккумуляторов, в которых зафиксирован радиальный температурный градиент, часть корпуса находится в тесном контакте с конструкцией системы охлаждения, что в сочетании с повышенным тепловыделением в процессе хранения на солнечных участках орбиты, приводит к его возникновению. Время появления градиента составляет ~4,5 месяца.

Температурный градиент выражается понижением разрядного напряжения аккумуляторов. Объясняется это тем, что из электролита в центральной области активной массы, испаряется вода (в более холодные граничные области), повышается концентрация электролита и, как следствие, внутреннее сопротивление аккумулятора.

Важнейшей характеристикой никель-водородного аккумулятора является ток саморазряда. Ток саморазряда НВ-аккумулятора – это функция степени заряженности и температуры (в упрощенном варианте). Кривые тока саморазряда при различных температурах приведены на рис. 1: чем выше температура аккумулятора, тем больше ток саморазряда.

Аккумуляторы в АБ имеют значительный разброс по токам саморазряда, который обусловлен разницей в активной массе электродов и температурой отдельных аккумуляторов. Это дополнительный существенный фактор разбаланса аккумуляторов по емкости.

Проведем эмпирический поиск алгоритмов управления режимами АБ. С вышеуказанными аномалиями НВАБ мы столкнулись при штатной эксплуатации батарей 40НВ-70 на геостационарной орбите.

Схематичное поведение давления в 4-х никель-водородных аккумуляторах как в процессе хранения в заряженном состоянии, так и в процессе заряд-разрядных циклов на теневых орбитах представлено на рис. 2. Управление происходило по сигнальным датчикам давления.

Как видно из приведенного графика, уровень давления в управляющих аккумуляторах постоянный, что свидетельствует об их стабильном состоянии. Однако на одном из двух других аккумуляторов наблюдается постепенное снижение давления водорода. Учитывая, что давление водорода пропорционально степени заряженности аккумулятора, был сделан вывод, что в батарее возник постепенно нарастающий разбаланс аккумуляторов. После перехода на управление зарядом от аккумуляторов с повышенными (резервными) уставками окончания заряда на солнечных участках орбиты снижение емкости прекратилось при сохранении величины разбаланса. Тем не менее, при прохождении теневых участков орбиты в процессе заряд-разрядных циклов процесс нарастания разбаланса возобновился, а с окончанием теневых участков величина разбаланса стабилизировалась, но уже на новом уровне.

Поскольку возможности аппаратного управления зарядом в части дальнейшего повышения уровня уставок были исчерпаны, было принято решение о переходе на управление зарядом от программного обеспечения по показаниям аналоговых датчиков давления. При этом управляющими стали аккумуляторы, в которых было зафиксировано наибольшее отклонение по емкости от средней по АБ. После этого процесс разбалансирования аккумуляторов остановился.

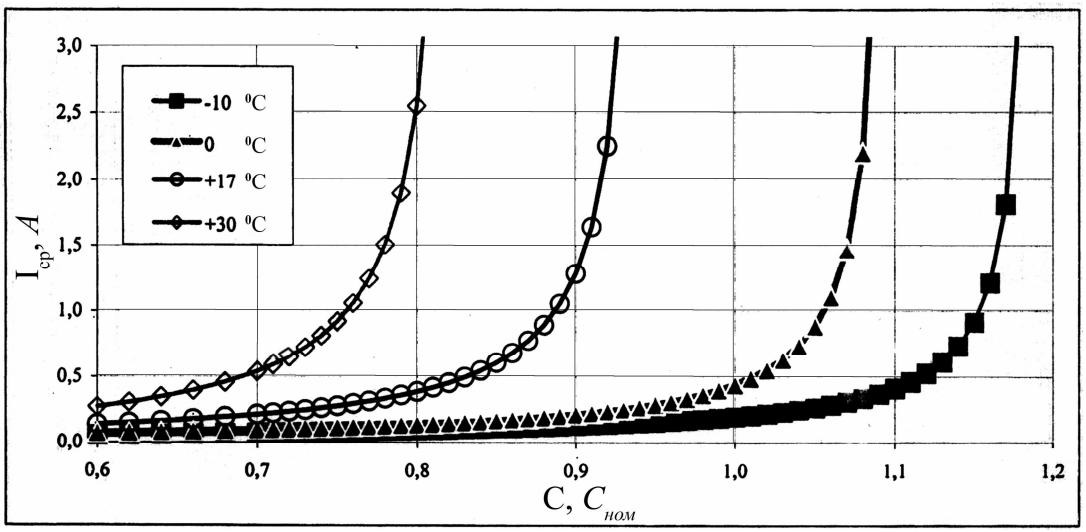


Рис. 1. Зависимость тока саморазряда от степени заряженности и температуры

[1] Управляющими называются аккумуляторы, на которых установлены сигнальные или аналоговые датчики давления.

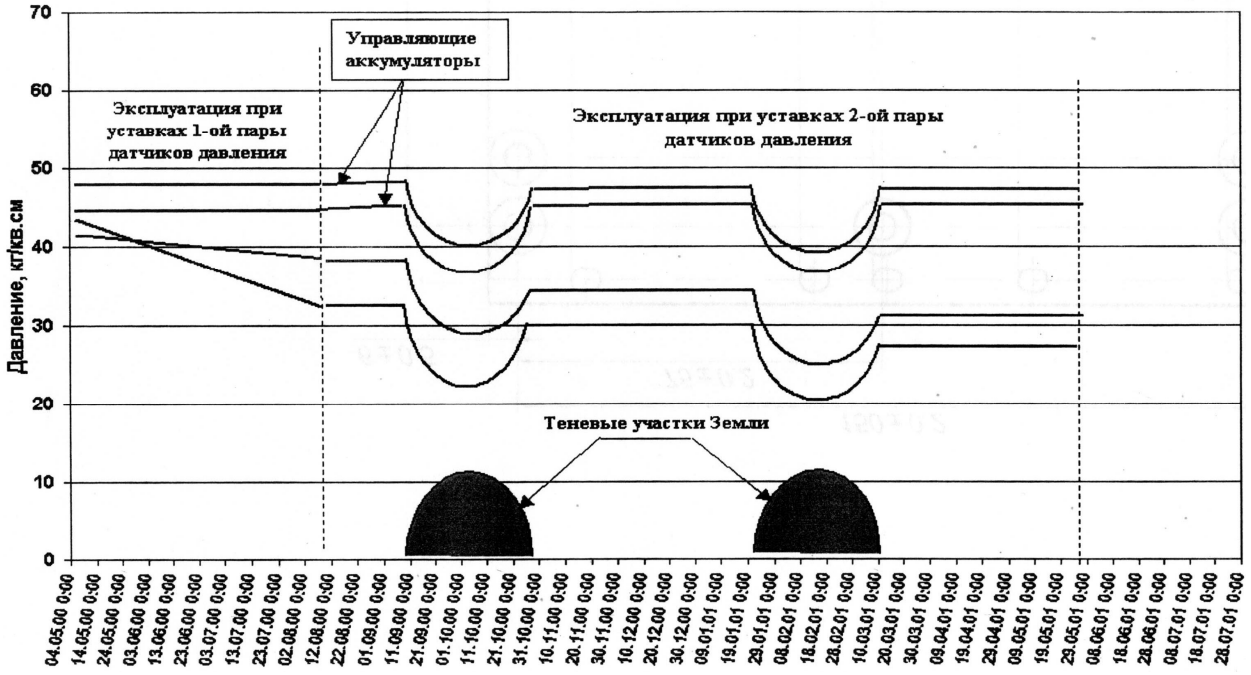


Рис. 2. Поведение давление 4-х управляющих аккумуляторов НВАБ 40НВ-70

Комплект НВ АБ 40НВ-70 успешно прошел весенний сезон теневых участков орбиты, однако на очередных осенних теневых участках были зафиксированы 5 аккумуляторов, разрядное напряжение которых составило около 1...1,05 В, в то время как остальные имели напряжение около 1,25 В. Как указано в [1], причиной пониженного разрядного напряжения этих аккумуляторов явилось возникновение температурного радиального градиента. Была разработана программа устранения последствий температурного градиента. Суть программы заключалась в глубоком доразряде НВАБ до напряжения, при котором давление водорода внутри аккумуляторов было близко к нулю. Хранение НВ АБ в этом состоянии способствовало возвращению воды в электродный блок, что привело к восстановлению разрядного напряжения аккумуляторов.

Таким образом, опыт эксплуатации НВ АБ с сигнальными датчиками давления на геостационарной орбите показал, что могут иметь место такие негативные явления, как температурный градиент и разбаланс аккумуляторов по емкости, которые существенно ограничивают энергетические возможности и срок эксплуатации НВ АБ.

Очевидно, что увеличение количества аккумуляторов в АБ повышает вероятность возникновения разбаланса по емкости. Поэтому, для батарей с большим количеством аккумуляторов появилась необходимость оценить достаточность количества управляющих аккумуляторов для обеспечения энерго-емкостных характеристик НВАБ с учетом теплового режима работы батареи.

Исследование достаточного количества управляющих аккумуляторов потребовало моделирования режимов хранения и разряда НВАБ 60НВ-40 с использованием адаптированной математической модели НВАБ, приведенной в [2]. Так как НВАБ 60НВ-40 состоит из двух равнозначных блоков, состоящих из 30 аккумуляторов, то моделирование проводилось для отдельного блока 30НВ-40.

При управлении зарядом по показаниям УКЗА с помощью бортового программного обеспечения сигнал на отключение или включение формируется путем сравнения среднеарифметического значения показаний УКЗА с заложенными программными уставками верхнего и нижнего давления (емкости). При достижении аккумулятором емкости равной или больше уровня верхней уставки заряд прекращается. Заряд начинается при снижении емкости до уровня нижней уставки.

Фактически такой способ формирования управляющих воздействий поддерживает заряженность только управляющих аккумуляторов в блоке. Заряженность остальных аккумуляторов, из-за разницы в токах саморазряда, обусловленных технологическим разбросом параметров электродного блока, разницы в исходных емкостях отдельных аккумуляторов при комплектации НВАБ и различных тепловых условий, может существенно отличаться от заряженности управляющих аккумуляторов.

Разница исходных емкостей аккумуляторов может достигать 6 %. В качестве емкостного критерия используется коэффициент корреляции между усредненной емкостью по показаниям УКЗА и средней емкостью всей батареи. Чем меньше отличие указанного коэффициента от единицы, тем точнее среднее арифметическое показаний УКЗА описывает среднюю емкость батареи.

Исследование проводилось путем моделирования параметров батареи в режиме хранения в заряженном состоянии в течение трех суток с последующим разрядом током 30 А в течение 70 мин. Вариациям подвергались разброс исходных емкостей аккумуляторов и количество управляющих аккумуляторов. Были про-

ведены расчеты с вариантами исходных данных, представленных в таблице.

Остальные параметры модели соответствовали следующим значениям:

– начальная емкость аккумуляторов – 30 А·ч;

– уставки по емкости ДН/ДВ – 28/32 А·ч, разница между управляющими и остальными аккумуляторами в батарее составляла 3 °С, кроме варианта 8, в котором эта разница отсутствует.

Варианты исходных данных

Вариант расчета	Разброс по емкости, %	Соотношение управляющих аккумуляторов к общему количеству	Полученный коэффициент корреляции
1	6	0,03...0,1	0,998 014
2	12	0,03...0,1	0,998 110
3	6	0,1...0,17	0,998 911
4	12	0,1...0,17	0,999 051
5	6	0,17...0,25	0,998 907
6	12	0,17...0,25	0,999 020
7	0	0,1...0,17	0,997 904
8	6	0,1...0,17	0,998 879

Проведенные расчеты показывают, что при 6 % разбросе емкостей аккумуляторов и использовании соотношения управляющих аккумуляторов в диапазоне 0,1..0,17, вместо 0,03...0,1, коэффициент корреляции на 0,000 897 выше. Следовательно, точность описания средней емкости батареи тоже выше. Но в то же время, при увеличении количества управляющих аккумуляторов в два раза, коэффициент корреляции уменьшается на 0,000 004, что свидетельствует о неэффективности увеличения аккумуляторов с УКЗА. То же наблюдается и при 12 % разбросе емкостей аккумуляторов.

Результат расчета по варианту 7 говорит о том, что при отсутствии разброса емкостей, но при наличии разницы температур управляющих и остальных аккумуляторов в батарее, среднее арифметическое показаний УКЗА будет недостаточно адекватно описывать заряженность батареи.

Расчет по варианту 8 показывает, что при равных температурах управляющих и остальных аккумуляторов в батарее соответствие средней емкости батареи среднеарифметическому значению показаний УКЗА близко использованию в два раза большего количества управляющих аккумуляторов.

Варианты 7 и 8 в совокупности показывают, что обеспечение одинаковых тепловых условий для всех аккумуляторов в батарее является одним из факторов устранения разбаланса по емкости.

Рассмотрим процедуры управления НВАБ с большим количеством аккумуляторов. Опыт создания полетного комплекса процедур для НВ АБ 40НВ-70 требовал теоретического истолкования, объясняющего внутренние причины аномального поведения аккумуляторов, приводящего к разбалансу аккумуляторов по емкости. Знание этих процессов позволило бы создать новые способы заряда НВ АБ с большим числом аккумуляторов, исключающие появление негативных явлений и повысить надежность эксплуатации.

Экспериментально установлено, что оптимальное количество аккумуляторов с аналоговыми датчиками давления удовлетворяет соотношению: M/N = 0,07 … 0,14, где M – количество аккумуляторов с УКЗА; N – количество аккумуляторов в НВ АБ.

С точки зрения длительного хранения в заряженном состоянии необходимо обеспечивать минимальное тепловыделение аккумуляторов, что исключает возможность возникновения температурного градиента. Этому условию удовлетворяет эксплуатация аккумуляторов на пологой ветви графика тока саморазряда. При этом рабочая емкость батареи может быть меньше требуемой для прохождения теневого участка Земли максимальной длительности.

При переходе к заряд-разрядным циклам на теневых участках орбиты для повышения рабочей емкости, достаточной для прохождения теневых участков Земли, среднеарифметические значения уставок поднимают до уровня, соответствующего эксплуатации аккумуляторов на вертикальном участке графика зависимости тока саморазряда от степени заряженности.

Отличительным признаком такого управления является то, что закон управления зарядом носит не дискретный, а непрерывный (аналоговый) характер, что позволяет учитывать любые нюансы поведения аккумуляторов, что невозможно при дискретном характере изменения уставок. При этом, несмотря на более высокое тепловыделение, риск теплового разгона и возникновения температурного градиента исключаются за счет того, что значения верхних уставок не превышают (60...80) % $C_{ном}$, а сам заряд-разрядный цикл никель-водородных батарей есть чередование экзотермических реакций с выделением тепла на разряде и эндотермических – с поглощением тепла в первой фазе заряда. Таким образом, в режиме заряд-разрядных циклов обеспечиваются условия для более высокого заряда без возникновения температурного градиента. На данное техническое решение оформлена заявка на изобретение № 2005122357 [3].

Для решения проблемы повышенного тепловыделения при достижении 80 % степени заряженности предложено производить заряд НВАБ в два этапа. На первом этапе проводят заряд постоянным током на величину $(0,6...0,8)C_{ном}$ до начала интенсивного тепловыделения, а на втором этапе проводят дозаряд НВ АБ импульсным током, причем длительность зарядного импульса и длительность последующей паузы выбирают из условия обеспечения среднего зарядного тока по величине больше тока саморазряда аккумуляторов.

В процессе эксплуатации НВАБ 40НВ-70 была проанализирована эффективность усовершенствованного способа дозаряда НВ АБ импульсным током в реальных условиях, в частности температура НВ АБ. В результате анализа выявлено, что он не учитывает температурные условия эксплуатации НВ АБ. В связи с этим, способ заряда с импульсным дозарядом был модернизирован с учетом температуры посадочного места АБ. На данное техническое решение подана заявка на изобретение № 2005132149 [4].

Особый интерес вызывает организация доразряда батареи, которая первоначально ограничивалась напряжением 0,5 В на любом аккумуляторе, что не позволяло устранить разбаланс аккумуляторов.

В процессе разряда НВ АБ при появлении в аккумуляторе кислорода (при полном отсутствии водорода) происходит его накапливание и в случае последующего активного заряда аккумуляторной батареи и интенсивного выделения водорода в аккумуляторе могут образоваться локальные зоны с взрывоопасной смесью. Образование таких зон приводит к микровзрывам, а микровзрывы – к внутренним шунтам в аккумуляторе. Поэтому величину переполюсовки аккумулятора, а, следовательно, величину накопленного кислорода, необходимо ограничить.

После специальных экспериментальных исследований доразряд НВ АБ стали ограничивать величиной напряжения и величиной разрядной емкости, полученной после достижения любым из аккумуляторов напряжения менее нуля, при которых аккумуляторы гарантированно не попадает в ситуацию, приводящую к микровзрывам. Таким образом, основным назначением доразряда по минимальному напряжению аккумуляторов является полное выравнивание по емкости и улучшением структуры активной массы аккумуляторов. По данному техническому решению оформлена заявка на изобретение № 2005106016 [5].

В итоге, разработанные алгоритмы управления для НВ АБ с большим числом аккумуляторов, включают в себя:

– режим хранения НВ АБ в заряженном состоянии на солнечных орбитах с функционированием по программными уставками давления;

– подготовку (профилактику) НВ АБ к прохождению теневых орбит, которая проводится непосредственно перед сезоном теневых орбит и состоит:

– из суточного импульсного заряда НВ АБ;

– глубокого доразряда НВ АБ;

– заряда до верхней программной уставки давления;

– прохождение теневых орбит, осуществляемое при управлении зарядом батарей по программным уставкам давления с обеспечением максимальной степени заряженности НВ АБ на период максимальных длительностей теней при максимальной нагрузке с помощью импульсного заряда НВ АБ;

В результате исследований сделаны следующие выводы:

1. Для контроля степени заряженности батареи типа 60НВ-40 достаточно выбрать количество управляющих аккумуляторов из диапазона соотношения 0,07...0,14. Дальнейшее увеличение количества УКЗА не ведет к существенному росту соответствия их показаний средней емкости батареи.

2. На основе комплекса процедур управления НВАБ 40НВ-70 разработаны алгоритмы управления батареями с большим количеством аккумуляторов, которые обеспечивает поддержание энерго-емкостных характеристик НВАБ в течение САС не менее 15 лет.

Библиографический список

1. Влияние температуры заряда на характеристики НВА в АБ 14МО58 (28НВ-50) : техн. справка ; исполн. : Галкин В. В., Лихоносов С. Д., Лапшин В. Ю., Кулыга В. П. ОАО «Сатурн», 2002.

2. Мощностные и емкостные характеристики комплекта аккумуляторных батарей ЖЦПИ. 563.533.012 ТУ и методы их реализации в составе КА «Экспресс-АМ». Разработка оптимальных алгоритмов управления зарядом батарей : техн. отчет; исполн. : Галкин В. В., Хартов В. В., Корчагин Е. Н., Достовалов А. В. и др. ФГУП НПО ПМ ; ОАО «Сатурн», 2002.

3. Способ эксплуатации никель-водородной батареи в автономной системе питания геостационарного искусственного спутника Земли и аккумуляторная батарея для его реализации : заявка на изобретение № 2005122357.

4. Способ эксплуатации никель-водородной аккумуляторной батареи в составе геостационарного искусственного спутника земли : заявка на изобретение № 2005132149.

5. Способ эксплуатации никель-водородной аккумуляторной батареи : заявка на изобретение № 2005106016.

M. Y. Sakhnov

CONTROL PROCEDURES OF NYCKEL-HYDROGEN STORAGE BATTERIES WITH MANY NUMBERS OF CELLS IN STRUCTURE OF GEOSTATIONARY SPACE VEHICLES

Operation features of nyckel-hydrogen (NH) storage batteries on a geostationary orbit and empirical research results of NH storage batteries control procedures are considered. The research of enough number of control accumulators is resulted and the developed control procedures of NH storage batteries with many numbers of cells are described.

УДК 004.7

С. П. Саханский, В. Д. Лаптенок

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫРАЩИВАНИЕМ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ НА ОСНОВЕ КОНТАКТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ

Исследованы динамические свойства системы автоматического управления выращиванием монокристаллов германия на установке, основанной на контактном методе измерения диаметра. Полученная математическая модель системы управления позволяет определять оптимальные динамические характеристики системы управления.

Системы автоматического управления выращиванием кристаллов, основанные на контактном методе измерения текущей площади, нашли практическое применение при выращивании монокристаллов германия на предприятии ФГУП «Германий» (Красноярск). Приоритет данным установкам дан в связи с возможностью выращивания многих марок кристаллов германия в закрытой тепловой оснастке, обеспечивающей необходимые тепловые условия роста, что затрудняет применение широко распространенных оптических систем управления. В основу контактного метода измерения и управления выращиванием монокристаллов [1–5] по способу Чохральского входит управление текущей площадью (или диаметром при круглой форме) растущего кристалла, на основе вычисления сигнала управления Δy, как функции отклонения текущей площади кристалла от заданной, за период оценки сигнала управления $T_{\text{ц}}$, при условии поддержания уровня расплава в тигле с точностью 1–2 мкм. Данные системы управления (рис. 1) представляют систему управления выращиванием монокристаллов германия по способу Чохральского на базе микро-ЭВМ, под управлением которой в камере производится выращивание монокристаллического кристалла (диаметром d). Кристалл вытягивается из расплава со скоростью вытягивания $V_{\text{з}}$ и вращения $W_{\text{з}}$ кристалла, при этом расплавленный металл, находящийся в тигле (с внутренним диаметром D) вращается с угловой скоростью $W_{\text{т}}$.

В процессе убывания расплава в тигле происходит размыкание и замыкание контактного датчика уровня, относительно плавающего на поверхности металла в тигле графитового экрана. Сигнал с контактного датчика подается через сглаживающую цепочку C1, R1, R2 и блок согласования в ЭВМ для принятия решения об управлении подъемом тигля вверх, которое осуществляется через блок управления шаговым двигателем, на каждый шаг двигателя, в результате чего, кроме скорости подъема тигля вверх $V_{\text{т}}$, в системе формируется информация о перемещении тигля $X_{\text{итц}}$ (с дискретностью $\Delta_{\text{т}}$) и информация $X_{\text{изц}}$ о перемещении кристалла вверх (с дискретностью $\Delta_{\text{з}}$). Управление скоростями вытягивания кристалла $V_{\text{з}}$, вращения кристалла $W_{\text{з}}$, вращения тигля $W_{\text{т}}$ осуществляется через соответствующие приводы, а управление температурой расплава осуществляется посредством датчика температуры боковой поверхности нагревателя и регулятора температуры по заданию $T_{\text{з}}$ ЭВМ. В качестве датчика температуры используется радиационный пирометр с сапфировым светопроводом [6].

Управление скоростью вытягивания кристалла $V_{\text{з}}(x)$ и температурой боковой поверхности нагревателя $T_{\text{з}}(x)$ на цилиндрической части выращивания кристалла можно представить в виде выражений (1–2):

$$V_{\text{з}}(x) = V_{\text{зп}}(x) + K_V \Delta y_i^*; \quad (1)$$

$$T_{\text{з}}(x) = T_{\text{зп}}(x) + A_t \int \Delta y_i^* dx, \quad (2)$$

где K_V – пропорциональный коэффициент регулирования по скорости; A_t – интегральный коэффициент регулирования по температуре; $V_{\text{зп}}(x)$, $T_{\text{зп}}(x)$ – программное задание закона изменения технологических параметров; $V_{\text{з}}(x)$, $T_{\text{з}}(x)$ – общее управление технологическими параметрами; Δy_i^* – сигнал управления; x – перемещение вдоль оси кристалла.

Программное задание по скорости и температуре $V_{\text{зп}}(x)$, $T_{\text{зп}}(x)$ в микропроцессорных системах производится за счет автоматического расчета и ввода в программу управления кадровой системы управления по данным параметрам.

Приведенная выше динамическая система управления может быть рассмотрена только как нелинейная. Основную нелинейность составляет элемент 1, с зоной нечувствительности и насыщением, график которого представлен на рис. 2. Алгоритм работы элемента 1, согласно применяемой в управляющем контроллере программе обработки сигнала управления Δy_i^* может быть представлен в виде выражений (3–7):

$$\Delta y_i^* = 0, \text{ если } \left|d - d_{\text{з}}\right| < d_{\text{з}} \cdot m_0; \quad (3)$$

$$\Delta y_i^* = \frac{X_{\text{изц}}}{A} \cdot \left(\frac{d - d_{\text{з}}}{d_{\text{з}}}\right), \text{ если } d_{\text{з}} \cdot m_1 \geq \left|d - d_{\text{з}}\right| \geq d_{\text{з}} \cdot m_0; \quad (4)$$

$$\Delta y_i^* = \frac{X_{\text{изц}}}{A} \cdot m_1, \text{ если } \left(d - d_{\text{з}}\right) > d_{\text{з}} \cdot m_1; \quad (5)$$

$$\Delta y_i^* = -\frac{X_{изц}}{A} \cdot m_1, \text{ если } \left(d - d_{\text{з}}\right) < d_{\text{з}} \cdot m_1; \quad (6)$$

$$\Delta y_i^* = \frac{\Delta y_i^* + \Delta y_{i-1}^*}{2}, \quad (7)$$

где m_0 и m_1 – коэффициенты нулевой зоны и зоны ограничения; Δy_i^* – сигнал управления в i-м цикле измерения; Δy_{i-1}^* – сигнал управления в $(i - 1)$-м цикле измерения.

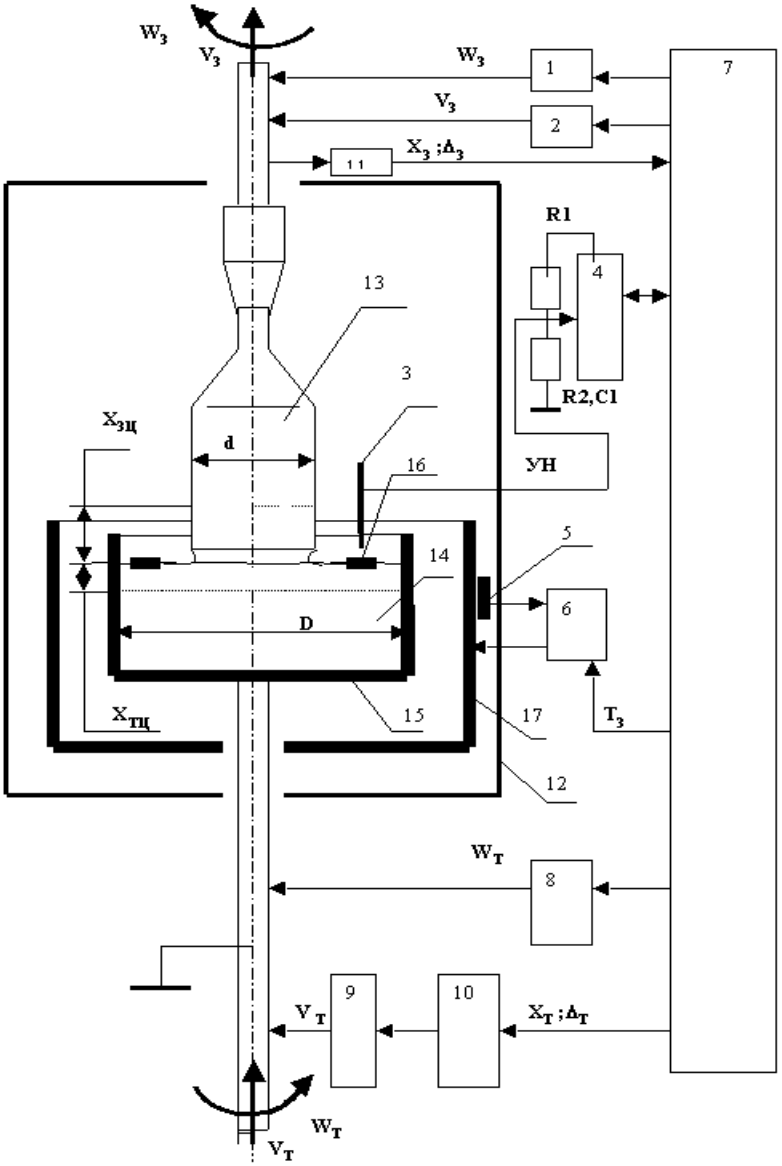


Рис. 1. Система управления на основе контактного метода:
1 – привод вращения затравки; *2* – привод перемещения затравки; *3* – контактный датчик; *4* – блок согласования с ЭВМ; *5* – датчик температуры; *6* – регулятор температуры; *7* – ЭВМ; *8* – привод вращения тигля; *9* – шаговый двигатель; *10* – блок управления шаговым двигателем; *11* – датчик перемещения затравки; *12* – камера; *13* – слиток; *14* – расплав металла; *15* – тигель; *16* – экран; *17* – нагреватель

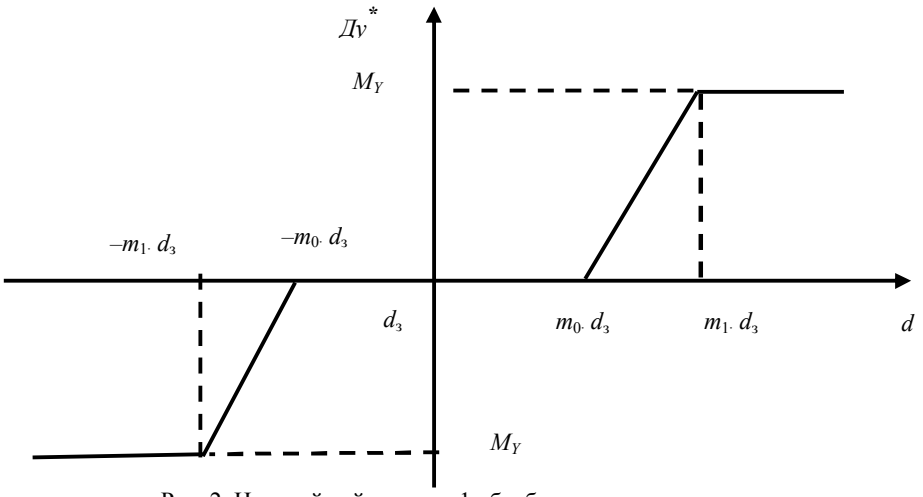


Рис. 2. Нелинейный элемент 1 обработки сигнала управления

Математическая модель динамической двухконтурной системы управления выращиванием кристалла (рис. 3) может быть представлена в операторном виде в виде выражений (8–14):

$$d = C_t \frac{\left[L - C_V V_з\right]}{\left[T - T_К\right]} + d_f; \qquad (8)$$

$$V_з = V_{зп} + K_V \Delta y^* + \cdot K_V T_{ZH}\, p \Delta y^*; \quad (9)$$

$$T = \left[T_{зп} + A_t \frac{1}{p} \Delta y^* \right] \frac{1}{K_m}; \quad (10)$$

$$T_{зп} = T_к \cdot K_m + C_t \cdot K_m \cdot \frac{\left[L - C_V V_{зп} \right]}{d_з}; \quad (11)$$

$$C_V = \text{с}_ж \frac{E}{\text{л}_{тв}}; \quad (12)$$

$$C_t = 4 \cdot \frac{\text{ул}_{тв}}{\text{с}_ж \text{л}_ж \text{g}}; \quad (13)$$

$$T_{ZH} = \frac{T_H}{K_P K_H}, \quad (14)$$

где p – оператор дифференцирования; d_f – сигнал помехи; g – ускорение свободного падения; r – радиус столба расплава; у – поверхностное натяжение расплава; $V_з$ – скорость вытягивания кристалла; $V_{зп}$ – задание скорость вытягивания кристалла на цилиндрической части кристалла; $T_к$ – температура кристаллизации материала; T – температура расплава в зоне фронта кристаллизации; $T_{зп}$ – задание температуры на цилиндрической части кристалла; L – линейный осевой градиент в твердом кристалле на цилиндрической части; E – удельная теплота плавления материала; $\lambda_ж$ – коэффициент теплопроводности расплава; $\lambda_{тв}$ – коэффициент теплопроводности кристалла; K_m – линейный коэффициент преобразования регулятора температуры; $K_р$– коэффициент пропорциональности регулятора температуры; K_H – коэффициент усиления печи; T_H – постоянная времени печи; $\rho_ж$ − удельная плотность жидкого материала.

Поведение системы управления проанализировано на рис. 4, 5 в виде изменения диаметра кристалла от воздействия помехи d_f и задаваемых программно параметров K_V, A_t. Анализ проведен методом численного решения уравнений (8–14) на ЭВМ в виде переходной характеристики изменения диаметра кристалла от числа n-периодов циклов оценки $T_ц$ сигнала управления, после скачкообразного воздействия сигнала помехи d_f на 2-м цикле управления.

Таким образом, анализ переходных динамических характеристик системы управления выращиванием монокристаллов германия, на основе приведенной выше динамической модели (при пропорциональном законе регулирования по скорости вытягивания и интегральном законе регулирования по температуре), позволяет определить коэффициенты регулирования по скорости и температуре, которые обеспечивают минимум колебательности и минимум времени переходного процесса. Ввод полученных коэффициентов регулирования в рабочую микропроцессорную систему управления значительно улучшает характеристики системы управления.

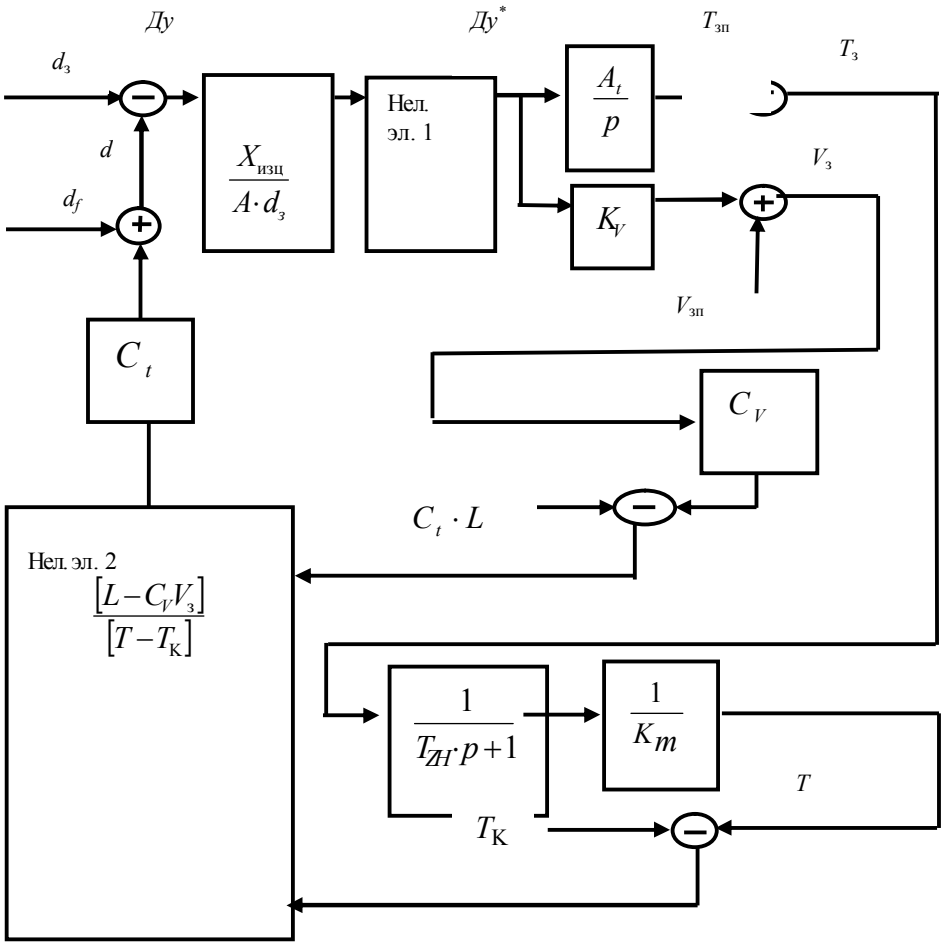


Рис. 3. Структурная схема нелинейной двухконтурной системы управления

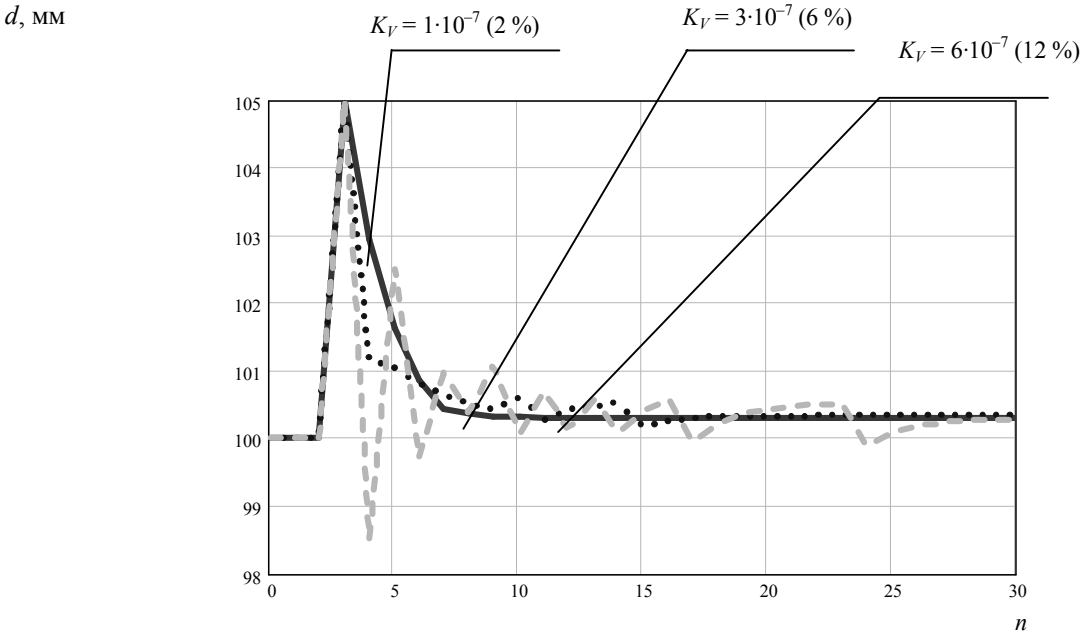


Рис. 4. График переходного процесса:
$d_з = 10$ см ; $d_f = 0{,}5$ см; $L = 16$ °С/см; $K_m = 50$ мкВ/ °С; $m_0 = 0{,}005$; $m_1 = 0{,}05$; $A_t = 20 \cdot 10^{-6}$;
$V_{зп} = 5{,}731 \cdot 10^{-4}$ см/с; $T_ц = 220$ с; $T_{ZH} = 0{,}561$ с

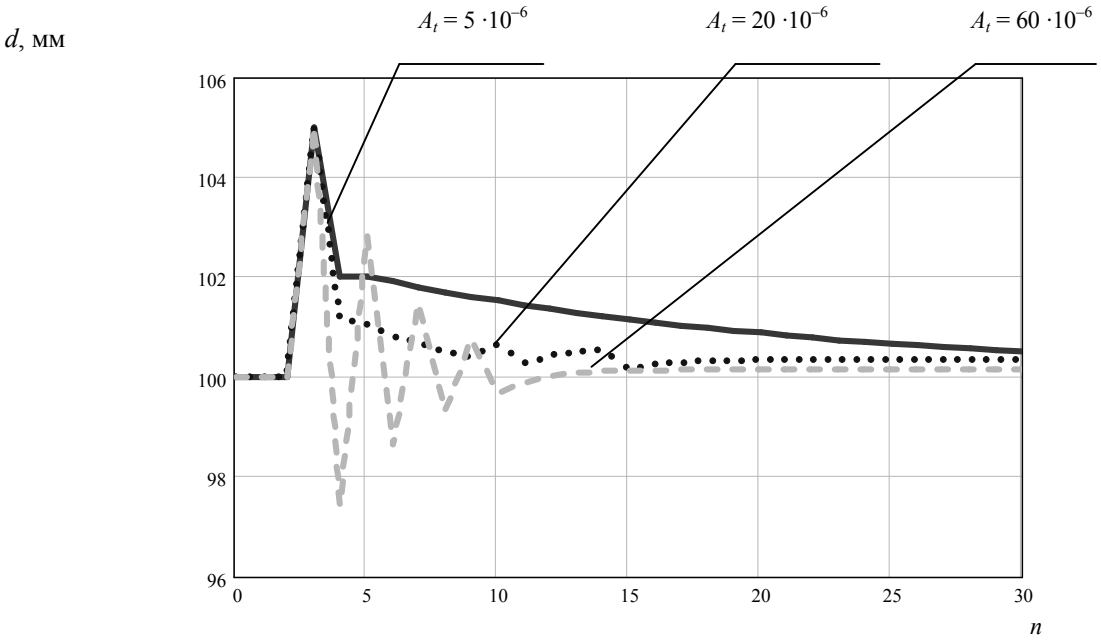


Рис. 5. График переходного процесса:
$d_з = 10$ см; $d_f = 0{,}5$ см; $L = 16$ °С/см; $K_m = 50$ мкВ/ °С; $m_0 = 0{,}005$; $m_1 = 0{,}05$; $K_V = 3 \cdot 10^{-7}$ (5,2 %);
$V_{зп} = 5{,}731 \cdot 10^{-4}$ см/с; $T_ц = 220$ с; $T_{ZH} = 0{,}561$ с

Примечание. В скобках для коэффициента K_V на графиках указан процент изменения текущей скорости вытягивания, соответствующий выбранному коэффициенту пропорционального регулирования.

Библиографический список

1. Пат. 2128250 Российская Федерация, МПК С30 В15/20, 15/22, 15/26. Способ управления процессом выращивания монокристаллов германия из расплава и устройство для его осуществления / Саханский С. П., Подкопаев О. И., Петрик В. Ф. № 97101248/25, 1999.

2. Пат. 2184803 Российская Федерация, МПК С30 В15/20, 15/22, 15/12 29/08. Способ управления процессом выращивания монокристаллов германия из расплава и устройство для его осуществления / Саханский С. П., Подкопаев О. И., Петрик В. Ф., Лаптенок В. Д. № 99123739/12, 2002.

3. Саханский, С. П. Способ управления процессом выращивания монокристаллов германия из расплава / С. П. Саханский, О. И. Подкопаев, В. Д. Лаптенок // Перспективные материалы, технологии, конструкции–экономика : сб. науч. тр. / под ред. В. В. Стацуры ; ГАЦМиЗ. Красноярск, 2000. Вып. 6. С. 391−393.

4. Саханский, С. П. Основные математические соотношения контактного метода управления выращиванием монокристаллов по способу Чохральского / С. П. Саханский // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосимич. ун-т. Красноярск, 2005. Вып. 7. С. 85–88.

5. Саханский, С. П. Выращивание монокристаллов в закрытой тепловой оснастке по способу Чохральского на основе контактного метода управления диаметром кристалла / С. П. Саханский // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 1. С. 38–41.

6. Разработка прецизионного регулирования температуры с использованием светопровода : отчет о НИР // Гиредмет. М., 1962. Тема № СКБРМ-1.

S. P. Sakhanski, V. D. Laptenok

DYNAMIC PROPERTIES OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC MONITORING OF GERMANIUM MONOCRYSTALS GROWING BASED ON CONTACT METHOD OF MEASUREMENT

Dynamic properties of the system of automatic monitoring of germanium monocrystals growing have been investigated on the unit based on contact method of diameter measurement. The mathematical model of the monitoring system obtained allows to determine optimal dynamic properties of the monitoring system.

УДК 621.791.72

В. Я. Браверман, В. С. Белозерцев, В. П. Литвинов, О. В. Розанов

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ СВАРНОГО ШВА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ

Обсуждаются возможности обеспечения качества соединений, полученных электронно-лучевой сваркой. Отмечается, что сложность и многофакторность этой технологии оставляют многие задачи получения требуемых свойств соединений для решения непосредственно в процессе сварки. Дается оценка информационности вторичных излучений.

Широкое применение электронно-лучевой сварки (ЭЛС) обусловлено возможностью обеспечения повышенных требований к свойствам и качеству сварных соединений и получения улучшенных весовых и эксплуатационных характеристик отдельных узлов и изделий в целом.

Уникальность многих конструкций, реализуемых с помощью ЭЛС, жесткие требования к функциональной надежности, а также характерные особенности процесса ЭЛС определяют повышенные требования к технологическим параметрам сварки и необходимость их оптимизации на основе расчета и управления в режиме «реального времени».

Целью управления формированием сварного шва при ЭЛС является обеспечение гарантированного качества соединений с воспроизводимостью параметров шва при заданных режимах сварки в условиях быстропротекающего и плохо наблюдаемого многопараметрического процесса. Эта цель предполагает высокую степень изученности физической сущности процесса и требует определенного набора технических средств и технологических приемов.

Традиционные подходы определения режимов процесса ЭЛС с помощью многочисленных технологических экспериментов часто оказываются неприемлемыми с экономической стороны (особенно при отработке технологии сварки уникальных дорогостоящих конструкций). В связи с этим оказывается целесообразной замена натурных экспериментов моделированием на ЭВМ.

Работы по созданию компьютерных моделей процессов обработки материалов с помощью высококонцентрированных источников энергии проводятся в настоящее время в США (Ливерморская лаборатория, Центр вооружений ВМС), в Англии (Университет Эссекса), во Франции, в Китае, Германии и ряде других стран. Разработка таких моделей позволяет не только лучше понять процессы обработки концентрированными потоками энергии (КПЭ), но и создать удобный инструмент для разработки технологических процессов, подбора режимов и прогнозирования результатов обработки.

Большинство исследователей подходит к моделированию процесса ЭЛС традиционно, уделяя внимание лишь процессу теплопроводности. Однако такой подход не приводит к успеху, поскольку воздействие электронного луча не сводится исключительно к нагреву изделия, а характеризуется значительным механическим воздействием на расплав, вследствие испарения металла под лучом. Сложность и многофакторность задачи делает традиционные методы моделирования, базирующиеся на конечно-разностных или вариационно-разностных решениях, практически бесполезными.

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 07-08-00179).

В связи с этим для адекватного описания процессов обработки КПЭ Центром лазерных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета предлагается разработка и программное обеспечение математической модели на основе совместного решения связанных задач межфазного тепломассообмена, гидро- и газодинамики и физики транспортировки и поглощения излучения [1]. Структура названных взаимосвязей показана на рис. 1. К успеху в данном случае приводит комбинация численных методов с аналитическими решениями.

Основные функции системы:

– расчет формы и размеров сварных швов, в зависимости от свойств свариваемых материалов и параметров технологических режимов;

– расчет тепловых и термических полей металла шва и околошовной зоны;

– расчет химического состава металла шва с учетом испарения легирующих компонентов;

– расчет параметров эквивалентного теплового источника, обеспечивающего такую же форму проплавления, как и истинное лучевое воздействие;

– подбор оптимальных режимов сварки.

В дальнейшем особое внимание планируется уделить разработке динамических моделей, пригодных для управления ЭЛС в режиме «реального времени» и разработке моделей для прогнозирования химического состава зоны сварного соединения.

Наличие адекватных математических моделей процесса ЭЛС имеет большое значение для теории сварочных процессов и практического применения, однако сложность и многофакторность этого вида сварки оставляет многие задачи обеспечения требуемого качества сварного шва для решения непосредственно в процессе сварки с помощью специальных технических средств управления формированием сварного шва. К таким задачам относятся обеспечение точного позиционирования электронного луча по стыку свариваемых деталей, стабилизация глубины проплавления, управление уровнем фокусировки луча, управление энергетическими параметрами источника питания электронно-лучевой пушки. При этом целесообразно в качестве информационных сигналов использовать явления, сопутствующие процессу сварки.

ЭЛС сопровождается рядом сопутствующих или вторичных излучений, которые в той или иной степени характеризуют процесс сварки и представляют интерес для контроля процесса и автоматического регулирования с обратной связью по качеству и геометрии сварного шва. Это излучения в инфракрасном, световом, радио-, СВЧ, рентгеновском диапазонах, возникновение отраженных, вторичных и тепловых электронов, положительно .заряженных ионов (рис. 2).

Рентгеновское и тепловое излучения несут непосредственную информацию о состоянии поверхности сварочной ванны, а радио- и СВЧ-излучения – об электромагнитных процессах в канале и, следовательно, косвенную, усредненную информацию о поведении сварочной ванны.

Прием радио- и СВЧ-излучения из зоны сварки осуществляется антеннами, защищенными от попадания на них вторичноэмиссионных частиц. Исследования показали [2; 3], что интенсивность этих излучений хорошо коррелируется с уровнем фокусировки электронного луча. Других четких взаимосвязей с процессом сварки не обнаружено.

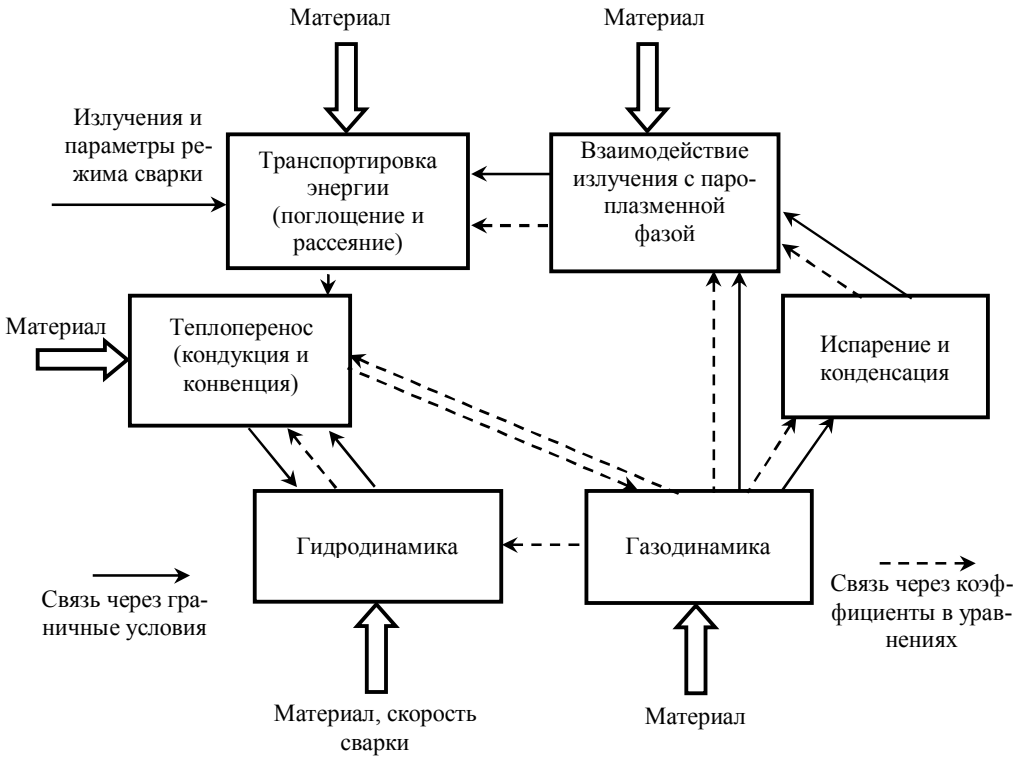


Рис. 1. Структура задачи о лучевой сварке металлов

Все излучения, кроме рентгеновского, имеют узкую диаграмму направленности, обусловленную формой канала. При регистрации таких излучений практически невозможно выделить сигнал от определенной точки поверхности канала. Суперпозиция в момент приема датчиками излучений от разных точек ванны и происшедших в разное время приводит к неопределенности регистрируемого сигнала, т. е. к его усреднению по поверхности расплава и объему канала.

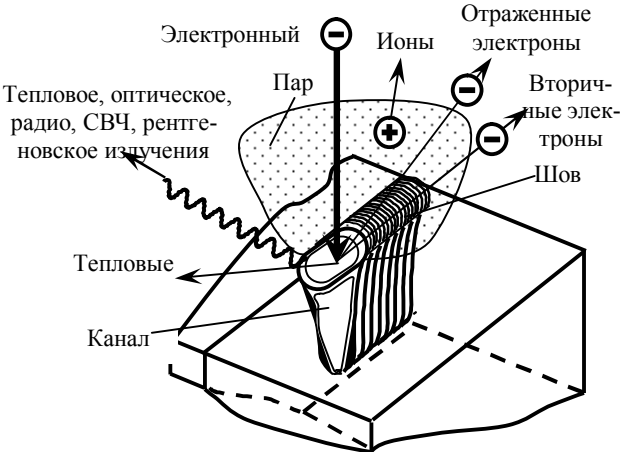


Рис. 2. Вторичные излучения из зоны сварки при ЭЛС

На практике реализован метод спектрографического контроля глубины несквозного проплавления по ионизационному свечению паров [4]. Способ осуществляется за счет введения в зону будущего шва двух маркирующих веществ на двух различных уровнях, между которыми должен находиться корень шва. Система автоматического управления процессом сварки построена так, чтобы обеспечить наличие в парах над сварочной ванной маркирующего вещества из первого уровня, а появление вещества со второго уровня допускается только кратковременно.

Так как формирование сварочной ванны определяется в основном механическим воздействием на поверхность расплава испаряющихся атомов материала, то динамические, статические и усредненные параметры парового потока наиболее полно характеризуют процесс развития и существования сварочной ванны. Поскольку оперативная регистрация указанных параметров пара практически невозможна, то обычно измеряются характеристики потока вторичноэмиссионных заряженных частиц – электронов и ионов, возникающих при ионизации пара электронным пучком и сохраняющих определенную информацию о состоянии поверхности канала в сварочной ванне. Для приема вторичноэмиссионных заряженных частиц применяют кольцевые металлические пластины (коллекторы), устанавливаемые соосно с электронным пучком над сварочной ванной. Разделение вторичных электронов и ионов осуществляется подачей на коллектор соответственно положительного или отрицательного смещения – напряжения, равного 80...200 В. При анализе сигналов коллекторов вторичной эмиссии выделяют амплитуды постоянной и переменной составляющих.

Исследования эмиссионных сигналов показали, что четкая взаимосвязь этих сигналов с качеством сварного шва отсутствует [5]. Лишь в ряде случаев при сварке сталей отмечается соответствие аномальных всплесков амплитуды колебания ионного тока и образование полостей в объеме шва [6]. Однако широкого практического применения для контроля и управления процессом сварки этот факт не получил.

Наиболее практически значимым результатом этих исследований является установление зависимости от уровня фокусировки электронного луча мощностью до 5 кВт частоты перехода через нуль амплитуды переменной составляющей как ионного, так и электронного токов вторичной эмиссии [7].

Частотный анализ пульсаций ионного тока показывает, что при сравнительно малых мощностях электронного луча имеют место почти гармонические колебания. При увеличении мощности частотный спектр расширяется, появляются другие гармоники, а при глубине проплавления свыше 30 мм частотный спектр становится шумовым.

Исследование частотных характеристик вторичных эмиссионных токов при ЭЛС указывает на возможность использования этих характеристик для контроля процесса сварки. Так, частота пульсаций парового потока, истекающего из канала проплавления, или частота пульсаций ионного или вторичноэмиссионного токов коррелируют с глубиной проплавления и со степенью фокусировки [8].

Первостепенное значение во время сварки имеют вопросы совмещения луча со свариваемым стыком. Наибольшее распространение в практике ЭЛС получили вторичноэмиссионные системы слежения за стыком. Датчик стыка – коллектор вторичных электронов – отличается простотой конструкции, нечувствительностью к запылению парами металлов, практически неограниченным сроком службы, малыми габаритами и универсальностью по отношению к материалу свариваемых деталей и характеру стыков.

В современных вторичноэмиссионных системах информационный сигнал получают в процессе развертывающих преобразований различных модификаций [9].

С помощью вторично-электронного сигнала невозможно получать информацию тогда, когда луч находится в канале проплавления. Поэтому для измерительных операций осуществляют выброс луча на короткое время из сварочной ванны. Однако интенсивное парообразование приводит к тому, что форма импульса вторичноэмиссионного тока отличается от расчетной, и возможны ложные срабатывания, приводящие к ошибке определения положения луча относительно стыка. В работе [10] показано, что из-за испарения металла с поверхности сварочной ванны спад сигнала датчика до уровня, соответствующего эмиссии электронов с нерасплавленной поверхности задержан относительно начала сканирования на время, определяемое скоростью разлета атомов пара $(0{,}8...1{,}6)\cdot 10^3$ м/с и расстоянием датчика от сварочной ванны.

Таким образом, совмещение в одном сварочном луче поисковых и рабочих функций требует аппаратных решений, обеспечивающих высокую скорость сканирования стыка лучом, необходимую задержку начала сканирования относительно начала измерения вторичноэмиссионного сигнала, а также введение следящего ограничителя, срабатывание которого связано с уровнем фона.

Принцип действия систем управления с рентгеновскими датчиками заключается в возможности регистрации изменения рентгеновского излучения при изменении соответствующего технологического параметра (глубины проплавления, положения луча относительно стыка и т. д.) [11; 12]. С помощью узконаправленных датчиков рентгеновского излучения (РИ) можно выделить сигнал от определенной области поверхности канала сварочной ванны. В качестве датчиков РИ используются сцинтилляционные кристаллы совместно с фотоэлектронными умножителями, фотодиодные матрицы.

Наблюдение за формированием сварного шва в собственных рентгеновских лучах позволяет существенно расширить представления о физических процессах, сопутствующих образованию канала в сварочной ванне. Однако возможность использования этой методики для автоматического регулирования глубины несквозного проплавления ограничивается лишь крайне редкими случаями высокой энергии сварочного пучка (ускоряющее напряжение $U_{уск} \geq 100$ кВ) при одновременно малом ослаблении сигнала материалом изделия.

На характеристики рентгеновского излучения не оказывают влияние колебания сварочной ванны, экранировка парами металла. Высокая помехозащищенность рентгеновских датчиков свидетельствует о перспективности их применения в системах управления технологическим процессом ЭЛС. Внедрение систем сдерживается недостаточностью данных о физико-технологических характеристиках рентгеновского излучения при ЭЛС (диапазон изменения, чувствительность, оптимальное расположение датчика и т. д.) что, в свою очередь, затрудняет определение принципов построения таких устройств.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Анализ существующих методов и средств управления формированием сварного шва при ЭЛС свидетельствует о том, что несмотря на большое разнообразие имеющихся разработок, пока нет средств, удовлетворяющих требованиям точности и надежности в эксплуатации при ЭЛС современных изделий. Подтверждением этого является отсутствие широкого внедрения указанных разработок при очевидной их потребности в производстве.

2. Большое значение для практического применения имеет наличие адекватных математических моделей процесса формирования сварного шва при ЭЛС, однако сложность и многофакторность технологии оставляет многие задачи обеспечения требуемого качества для решения непосредственно при сварке по сопутствующим информационным сигналам.

3. В качестве информации для контроля ЭЛС можно использовать все сопутствующие процессу явления, однако рентгеновское излучение и зоны сварки, обладающие очевидной информационной насыщенностью при абсолютной, практически, помехозащищенности оказывается мало изученным с точки зрения использования его для управления формированием сварного шва. Это свидетельствует о целесообразности проведения исследований с целью разработки рентгеновских систем управления ЭЛС.

Библиографический список

1. Dilthey, U. Tool For Electron Beam Welding / U. Dilthey, A. Simulation, S. Boehm, T. Welters, S. Illin, G. Turichin // 6th International Conference on Welding and Melting by Electron and Laser Beams / France, Tulon, 1998. P. 39–45.

2. Башенко, В. В. О радиоизлучении плазмы, возникающей в камере при электронно-лучевой сварке / В. В. Башенко // Сварочное производство. 1978. № 7. С. 12–115.

3. Бурыкин, Ю. И. Экспериментальное исследование высокочастотных колебаний, возникающих при электронно-лучевой сварке / Ю. И. Бурыкин, С. М. Левитский, О. К. Назаренко // Физика и химия обработки материалов. 1980. № 2. С. 142–146.

4. Muller, M. Electron beam welding – a fully automatic welding process / M. Muller // Dev. Innov. Improved weld. / Prod. - I-st. int. conf. Birmingham, 13-15 sept. 1983. Adington, 1984. P. 32/1–32/8.

5. Ланкин, Ю. Н. Экспериментальное исследование эмиссии заряженных частиц и теплового излучения как параметров автоматического регулирования процесса электронно-лучевой сварки / Ю. Н. Ланкин. Киев : Наукова думка, 1982. 32 с.

6. Нестеренков, В. М. Влияние геометрии шва на параметры ионного тока при электронно-лучевой сварке / В. М. Нестеренков // Автомат. сварка. 1982. № 3. С. 34–36.

7. Акопьянц, К. С. Влияние ускоряющего напряжения на параметры проплавления при электронно-лучевой сварке / К. С. Акопьянц, Ю. В. Зубченко, В. Е. Локшин, О. К. Назаренко // Автомат. сварка. 1972. № 11. С. 11–15.

8. Акопьянц, К. С. Контроль глубины проплавления и фокусировки электронного луча по частоте пульсаций ионного тока при сварке / К. С. Акопьянц, А. В. Емченко-Рыбко // Автомат. сварка. 1981. № 9. С. 28–32.

9. Спыну, Г. А. Современные вторично-эмиссионные системы автоматического направления пучка электронов по стыку при сварке / Г. А. Спыну, Ю. И. Пастушенко, В. Е. Локшин // Автомат. сварка. 1978. № 10. С. 18–28.

10. Кривенков, В. А. Помехи в выходном сигнале датчика сканирующих вторично-электронных измерителей отклонения луча от стыка / В. А. Кривенков, А. Г. Кроз, Ф. Н. Рыжков // Сварка электронным лучом : материалы конф. М. : Знание, 1974. С. 92–98.

11. Braverman, V. Mechanism of melting stabilization in electron beam welding process at natural X-ray / V. Braverman, S. Bayakin, V. Shabanov, V. Bashenko // 6th International Conference on welding and melting by electron and laser beams. France, Tulon, 1998. P. 31–39.

12. Braverman, V. Control over Electron Beam Welding Process by X-ray Radiation from the Zone of Welding / V. Braverman, V. Shabanov, S. Bayakin, V. Bashenko // 6th International Conference «Beam Technology», 26–28 April, 2004. Halle (Saale). P. 68–74.

V. Y. Braverman, V. S. Belozertsev, V. P. Litvinov, O. V. Rozanov

ISSUES RELATING TO CONTROLLING SEAM FORMATION PROCESS IN ELECTRON BEAM WELDING

It is discussed ways to ensure quality of welding seams produced with electron beam welding. The complexity and multi-factor nature of this technology leave many decisions to be made during the welding process itself to ensure the desired quality of the welding seam. It is also evaluated informational quality of secondary radiations.

УДК 629.7

В. В. Краев

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Рассмотрены расчетно-аналитический метод определения припусков и основные особенности расчета припусков механической обработки сложных деталей. Приведен пример расчета припусков по предлагаемому методу.

В производственной практике припуски на обработку металлодеталей резанием назначаются либо по справочникам, либо основываясь на опыте данного предприятия.

Расчет припусков на механическую обработку является одним из первых шагов для множества дальнейших технологических расчетов, таких как расчет норм времени, себестоимость, расход материалов и т. д.

В справочнике [1] изложен расчетно-аналитический метод определения припусков, который позволяет теоретически рассчитать оптимальные припуски на каждый отдельный переход механической обработки, что в конечном счете приводит к экономии материала, сокращению длительности механической обработки, экономии режущего инструмента и продления срока эксплуатации станочного оборудования.

Метод основан на анализе текущего и предыдущего переходов, а также технологических параметров заготовки [2]. В связи с этим возникает необходимость в обработке достаточно большого объема исходных данных, таких как материал, параметры и способы обработки заготовки. Также следует учесть, что требуемые параметры и качество обработанной поверхности детали можно обеспечить различными методами, для каждого из которых следует проводить отдельный расчет.

Современные расчетные модели позволяют унифицировать такую работу. При этом, разработав алгоритм для ЭВМ для расчета припусков на деталь какого-либо класса, можно получить программу, позволяющую рассчитывать оптимальные припуски для всех деталей этого класса. Математическая модель в таком случае базируется на итерационном подходе. Наиболее удобным для расчетов такого рода является среда Delphi, основанная на языке Object Pascal [3], поскольку Delphi разрабатывалась специально для научных расчетов.

При обработке деталей резанием следует выделить такие параметры, как выбор режимов обработки заготовки, формирование операций из переходов и точность обработки.

На *выбор режима резания* влияют требования к качеству поверхности детали, свойства материала заготовки, свойства материала и геометрия режущей части инструмента, вид сплава (сталь, чугун, цветные металлы), возможности выбранного оборудования.

Режим обработки поверхности заготовки характеризуется глубиной резания и подачей.

Глубина резания определяется, главным образом, величиной припуска. При этом необходимо стремиться каждый переход выполнять за один проход. Обработку за несколько проходов применяют чаще всего на черновых переходах, при больших припусках и напусках, а также при недостаточной жесткости и прочности технологической системы, недостаточной мощности станка.

Факторы, влияющие на *формирование операции*, разделим на три группы. К первой группе относятся факторы, от которых зависит обеспечение качества детали (деление технологического процесса на предварительную и окончательную обработку, смену технологических баз, выполнение обработки нескольких поверхностей с одной установки заготовки, выделение в самостоятельную операцию переходов, связанных с достижением особо высокой точности и т. п.). Вторую группу составляют факторы, определяющие физическую возможность объединения переходов в операцию (невозможность объединения в операцию процессов обработки, отличающихся своей физической сущностью, отсутствие свободного доступа к различным

поверхностям при обработке заготовки). К третьей группе относятся организационно-экономические факторы (тип производства, вид и форма его организации).

Размерный анализ технологического процесса является завершающим этапом разработки технологического процесса механической обработки детали. Он позволяет установить соответствие параметров точности детали, изготовленной с помощью разработанного технологического процесса, с требованиями чертежа и определить достаточность припусков, назначенных на обработку детали.

Каждый метод механической обработки характеризуется, прежде всего, *точностью обработки*, которая определяется как экономической, так и достижимой точностью.

Экономическая точность механической обработки определяет минимизацию себестоимости обработки и достигается в нормальных производственных условиях с учетом работы на исправных станках, применения необходимых приспособлений и инструментов при нормальной интенсивности труда.

Достижимая точность определяется в процессе обработки в особых, благоприятных условиях с применением нового оборудования, качественного инструмента и высокой квалификации рабочих, не считаясь с затратами времени.

При проектировании технологических процессов в большинстве случаев руководствуются таблицами экономической точности, принятыми для конкретного предприятия. Лишь в редких, ответственных случаях могут выполняться расчеты ожидаемой точности, включающие определение упругих и тепловых деформаций детали и инструмента, размерный износ инструмента, погрешности установки и закрепления, погрешности измерения и т. п.

Разработанная программа расчета припусков на механическую обработку учитывает погрешность закрепления в приспособлении, точность операции и применяемого для нее инструмента, погрешности базирования, погрешности при получении заготовки.

При разработке программы выделены такие этапы, как создание математической модели, структурной и блок-схемы, тестирование и отладка программы на реальных деталях.

Характерной особенностью разработанной математической модели заключается в итерационном подходе к расчету припусков на каждый последующий переход. Основополагающим моментом при этом является тот факт, что вначале следует обработать первоначальные данные, которые ввел пользователь. При этом определяется первый шаг итерации, поскольку входящие расчетные данные существенно видоизменяются как по качественному, так и по количественному признакам.

Для качественной разработки программы проработана блок-схема алгоритма для дальнего кодирования программы, что также дает возможность более простого совершенствования программы.

Из схемы, приведенной на рисунке, видно, что при базовом подходе к написанию программы приходится разрабатывать достаточно обширную блок-схему. Но чем обширнее и подробнее разрабатывается блок-схема, тем проще в дальнейшем кодирование и отладка программы, поскольку в таком случае облегчается поиск так называемых «узких» мест разработки, т. е. тех мест, в которых возможны ошибки как при вводе данных в базу данных, так и логические ошибки построения программы, которые не отлавливаются компилятором. При этом стоимость обнаружения ошибки повышается в зависимости от готовности и внедрения проекта. Дальнейшую проработку программы проводить достаточно сложно при отсутствии логической структуры взаимодействия отдельных блоков программы. По блок-схеме также определяется структурную модель программы (см. рисунок).

Рассмотрим работу программы на конкретном примере.

В качестве исходных данных возьмем прокат средних параметров: $\text{Круг}\frac{52\ \text{ГОСТ}\ 2590\text{–}88}{08\text{Х}18\text{Н}10\text{Т}\ \text{ГОСТ}\ 5949\text{–}75}$.

Это сортовой прокат с обычной точностью, длиной проката 100 мм и диаметром 52 мм (по параметрам программы не более 80 мм). Требуемый размер детали Ш50 мм, с точностью обработки 5 квалитет, шероховатостью Ra = 3,2. Длина обработки – 30 мм, материал – сталь 08Х18Н10Т. Способ установки – крепление в 3-кулачковом самоцентрирующем патроне без выверки, поскольку это крепление присутствует на большинстве распространенных станков.

После ввода всех данных, получаем таблицу, в которой расписаны все операции расположенные в порядке выполнения, для получения указанной поверхности необходимой точности со всеми припусками на механическую обработку.

Для дальнейшего использования исходных, промежуточных и полученных данных, а также формул, по которым производились вычисления, можно сохранить их в текстовый файл, содержание которого приведено в листинге.

```
Обработка Rz h delta epsilon TD
Сортовой прокат. Точность: обычная 200 300 0,03 0
620
Обдирочное точение 125 120 0 9 620
Черновое точение 63 60 0 0 250
Чистовое точение 32 30 0 0 100
Черновое шлифование 10 20 0 0 39
Чистовое шлифование 3,2 7,8 0 0 25
Тонкое шлифование 1,6 3,9 0 0 11
---------------------------------------------------------------------
Расчетный припуск
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) =
1018
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) = 490
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) = 246
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) = 124
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) = 60
2z = Rz(i-1) + h(i-1) + корень(дельта(i-1) + e(i-1)) = 11
---------------------------------------------------------------------
Диаметр минимальный
D = D(I + 1) + 2z = 51,938
D = D(I + 1) + 2z = 50,92
```

D = D(I + 1) + 2z = 50,43
D = D(I + 1) + 2z = 50,184
D = D(I + 1) + 2z = 50,06
D = D(I + 1) + 2z = 50
D = D(I + 1) + 2z = 49,989

Диаметры
Dmin = 51.938
Dmax = dmin + TD = 52,558
Dmin = 50.92
Dmax = dmin + TD = 51,54
Dmin = 50.43
Dmax = dmin + TD = 50,68

Листинг. 1. Результат работы программы
Dmin = 50,184
Dmax = dmin + TD = 50,284
Dmin = 50,06
Dmax = dmin + TD = 50,099
Dmin = 50
Dmax = dmin + TD = 50,025
Dmin = 49,989

Dmax = dmin + TD = 50

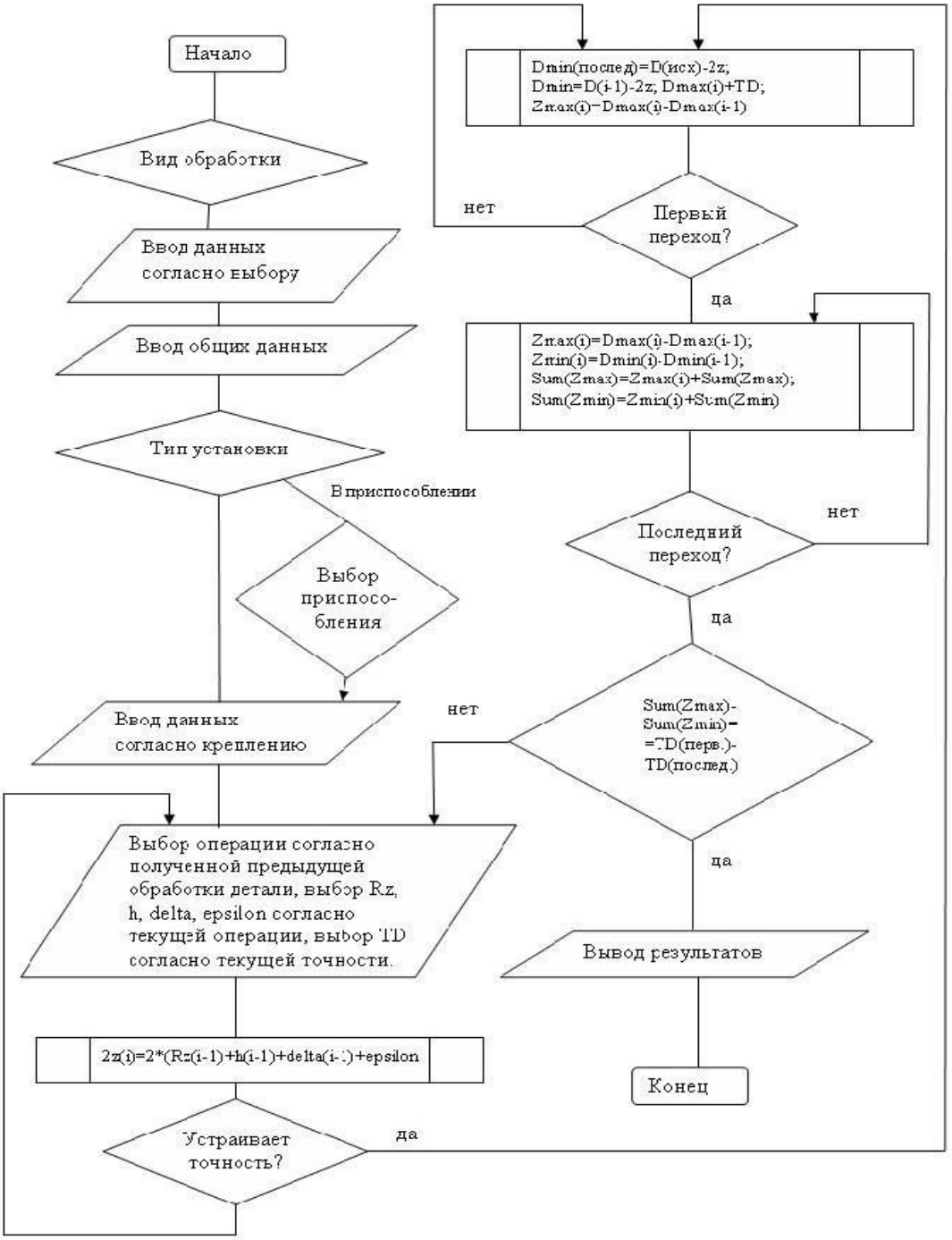
Допуски
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 1018
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 1018
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 860
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 490
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 396

2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 246
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 185
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) =124
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 74
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 60
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 25
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 11
2max = dmax(i-1)-dmax(i) = 2558
2zmin = dmin(i-1)-dmin(i) = 1949
последняя запись – сумма всех значений 2z

Проверка по TD = 609
Проверка по Z = 609

Результат работы программы

Текущий переход	Сортовой прокат Точность: обычная	Обдирочное точение	Черновое точение	Чистовое точение	Черновое шлифование	Чистовое шлифование	Тонкое шлифование		
Шероховатость текущего перехода *Rz*, мкм	200	125	63	32	10	3,2	1,6		
Высота шероховатости текущего перехода *h*, мкм	300	120	60	30	20	7,8	3,9	–	
Погрешность крепления д, мкм	0,03	0	0	0	0	0	0		
Погрешность базирования е, мкм	0	9	0	0	0	0	0		
Припуск на обработку 2*z*, мкм	–	1018	490	246	124	60	11		
Минимально допустимый диаметр текущего перехода D_{min}, мм	51,938	50,92	50,43	50,184	50,06	50	49,989	Проверка по *TD*	Проверка по *Z*
Допуск текущего перехода *TD*, мкм	620	620	250	100	39	25	11	727	727
Максимальный диаметр текущего перехода D_{max}, мм	52,558	51,54	50,68	50,284	50,099	50,025	50	–	–
Минимальный диаметр текущего перехода D_{min}, мм	51,938	50,92	50,43	50,184	50,06	50	49,989	Сумма	–
Максимальный снимаемый материал $2z_{max}$, мм	–	1018	860	396	185	74	25	2 558	–
Минимальный снимаемый материал $2z_{min}$, мм	–	1018	490	246	124	60	11	1 949	–



Упрощенная блок-схема программы

Полученных данных вполне достаточно для их использования при выборе оптимальных припусков, допусков, как для отдельной поверхности, так и для всей детали в целом. В случае незначительного изменения любых исходных данных с помощью разработанной программы можно получить точный расчет припусков на механическую обработку в течение нескольких секунд, что при расчете вручную в некоторых случаях привело бы к значительному изменению расчета и, как следствие, результата, а также не стоит исключать возможность ошибки.

Библиографический список

1. Косилова, А. Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении : справочник / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, М. А. Калинин. М. : Машиностроение. 1978. 288 с.

2. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве / А. М. Дальский, Б. М. Базров, А. С. Васильев и др. / под ред. А. М. Дальского. М. : Изд-во МАИ, 2000. 288 с.

3. Першинков, В. И. Толковый словарь по информатике / В. И. Першинков, В. М. Савинков. М. : Финансы и статистика, 1991. 543 с.

V. V. Krayev

CHARACTERISTICS OF CALCULATION OF MECHANICAL MACHINING ALLOWANCING DIFFICULT PARTS

It is considered calculated-analytic method of adjectives allowances and primary feature calculation of mechanical machining allowance. The calculation by the method is given as an example.

УДК 621.785:621.979.07

Т. А. Богданова, Л. П. Третьякова, В. С. Биронт, А. А. Перебоева, Н. В. Окладникова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКОВОК ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПРЕССОВЫХ МАТРИЦ

Представлены результаты анализа комплексных исследовательских работ по проблеме предупреждения преждевременного выхода из строя прессового инструмента, проведенные специалистами Красноярского металлургического завода (КраМЗ).

Повышение стойкости прессового инструмента при экструзии профилей из алюминиевых сплавов в условиях КраМЗа является одной из основных задач предприятия. На основании исследований причин преждевременного выхода инструмента из строя было установлено, что его стойкость определяется стабильностью структуры и свойств материала при циклических нагрузках и высокой температуре матриц в процессе прессования. Наиболее значимым дефектом структуры, наличие которого способствует образованию больших внутренних напряжений, является ликвационная полосчатость, связанная с неоднородным распределением карбидообразующих элементов. К понижению стойкости инструмента также приводит наличие в структуре крупного и неоднородного зерна аустенита и грубых неметаллических включений.

Для повышения надежности работы прессовых матриц решены следующие задачи:

– выбор и обоснование технологических операций и их параметров, позволяющих получить требуемое качество исходных заготовок инструментальных сталей;

– выполнение исследований на заготовках инструментальных сталей, обработанных по предложенным технологическим схемам.

В различных источниках [1–4] рекомендуется для изготовления поковок с однородной структурой сталей 3Х3М3Ф и 4Х5МФ1С проводить гомогенизационный отжиг при температуре на 20–60 °С выше A_{C3} с выдержкой 5–8 ч. Авторы работы [2] предлагают высокотемпературный нагрев заготовок совмещать с нагревом под ковку. В работах [1; 3] показано положительное влияние отжига – гомогенизации, который проводился при Т = 1 180–1 200 °С с выдержками 25–35 ч. Однако при таком нагреве происходят значительный рост зерна аустенита и высокие потери материала за счет окалинообразования [4].

В работе исследовали слитки, выплавленные в дуговой сталеплавильной печи (ДСП) и после электрошлакового переплава (ЭШП), а также поковки, изготовленные из них. На слитках и поковках были исследованы химический состав стали, структура и механические свойства. При проведении данной работы в процессе выплавки осуществляли анализ химического состава стали 3Х3М3Ф с целью определения наиболее оптимального содержания основных легирующих элементов в пределах требований ГОСТ 5950 и получения стабильного качества стальных заготовок. В исследованиях были опробованы разные схемы ковки и последующей предварительной термической обработки поковок. Полученные результаты позволили определить режимы, при которых в поковках гарантируются необходимый уровень механических свойств и структура, обеспечивающая эти свойства. Известно, что оптимальной исходной структурой поковок, подвергающихся дальнейшей механической и окончательной термической обработке, является структура зернистого перлита [5]. На основании выполненных исследований были разработаны и введены требования к качеству структуры сталей в соответствии со шкалами следующих стандартов: ГОСТ 5950, ГОСТ 5939, ГОСТ 801.

Методика проведения исследований. Химический состав инструментальных сталей определяли на пробах, отобранных из ковша при литье слитков из ДСП, а также от слитков после ЭШП в донной и литниковой частях. Слитки проходили горячую ковку по двум схемам: первая схема включала осадку мерных заготовок; вторая – осадку, перебивку на квадрат, его обкатку, повторную осадку (степень деформации меньше 10 % за проход и меньше 50 % – за операцию), обкатку в размер – биллетировка (степень деформации меньше 5–6 % за проход, 25–30 % – за операцию), с сохранением оси исходной заготовки (рис. 1).

Слитки под ковку нагревались по двум режимам:

1. T = 1 100–1 150 °С (производственная технология).

2. T = 1 180–1 200 °С (экспериментальная технология).

Поковки, полученные по двум схемам ковки с разными параметрами нагрева, подвергли отжигу по режимам, приведённым в табл. 1. Порядок проведения операций отжига следующий:

– режим 1 – отжиг ⇒ изотермическая выдержка;

– режим 2 – отжиг ⇒ изотермическая выдержка ⇒высокотемпературный нагрев ⇒ изотермическая выдержка;

– режим 3 – отжиг ⇒ изотермическая выдержка ⇒высокотемпературный нагрев ⇒ изотермическая выдержка ⇒ отжиг ⇒ изотермическая выдержка;

– режим 4 – высокотемпературный нагрев ⇒ изотермическая выдержка.

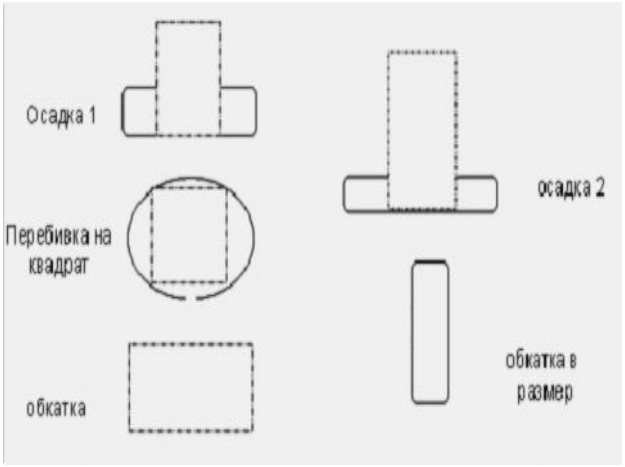


Рис. 1. Схема ковки поковок

Определение массовой доли химических элементов осуществляли спектральным методом на рентгенофлюоресцентном спектрометре Спектроскан. Содержание углерода оценивали на экспресс анализаторе АН7529. Термическую обработку образцов проводили в лабораторных муфельных и типа СНО5.55/01 печах. Механические свойства сталей определяли на разрывной машине ЦД10 согласно ГОСТ 1497 в литом состоянии, после ковки и термической обработки. Микроструктуру исследовали на металлографическом микроскопе NEOPHOT – 21 при увеличениях 100–500 крат. Структуру анализировали по ГОСТ 5950, ГОСТ 5939, ГОСТ 801.

Параметры термической обработки поковок

Наименование операции термообработки	Температура, °С	Время выдержки, ч
Отжиг	860–880	2
Изотермическая выдержка	680–700	4–6
Высокотемпературный нагрев	900–920	4–5

Примечание. Нагрев до заданных температур осуществлялся со скоростью не выше ~ 70 °С/ч; при переходе от одного температурного режима к другому регламентированное охлаждение выполнялось со скоростью 30–40 °С/ч.

Результаты исследований и их обсуждение. На начальном этапе исследований проводили оценку влияния способа получения литых заготовок из стали марки 3Х3М3Ф для изготовления прессовых матриц. Изучали слитки, полученные с ДСП и последующего электрошлакового переплава. Анализ химического состава показал, что содержание легирующих элементов (молибдена, ванадия и никеля) в различных пробах, отобранных при выплавке слитков ДСП, существенно различается (табл. 2). Установлено, что после ЭШП наблюдается меньший разброс концентраций хрома, ванадия, молибдена и марганца: так, диапазон разброса по хрому уменьшается примерно в 3,5 раза. Определено, что содержание этих элементов в слитках ЭШП сопоставимо в разных плавках и по длине.

Отмечено, что в слитках ЭШП наблюдается тенденция к некоторому повышению концентрации основных легирующих элементов. Относительное изменение содержания элементов в слитках ЭШП по отношению к слиткам ДСП составляет + 4,2 – 22,6 %. Это можно объяснить, в первую очередь, недостаточно большим набором статистических данных. Однако полученные результаты сопоставимы с общими представлениями о влиянии ЭШП на химический состав [6]. Это может быть связано как с особенностями электрошлакового процесса кристаллизации слитка, так и с его размерами.

Таблица 1

Таблица 2

Химический состав слитков стали 3Х3М3Ф

Слиток	Номер пробы	Массовая доля элементов, %									
		Cu	Mn	C	P	Si	S	Ni	Cr	Mo	V
ДСП	1	0,14	0,23	0,32	0,030	0,27	0,014	0,26	3,20	2,51	0,42
	2	0,10	0,49	0,27	0,027	0,25	0,010	0,39	3,32	2,85	0,44
	3	0,11	0,42	0,37	0,023	0,30	0,011	0,24	3,01	3,08	0,49
	4	0,14	0,40	0,27		0,21	0,019	0,36	3,48	2,47	0,56
ЭШП	1 (дон)	0,11	0,50			0,23		0,41	3,47	2,80	0,46
	2 (дон)	0,14	0,47	0,40	0,016	0,22	0,008	0,26	3,41	3,15	0,55
	3 (дон)	0,13	0,45	0,37	0,013	0,36	0,008	0,27	3,37	3,20	0,53
	4 (дон)	0,09	0,45	0,26	0,014	0,17	0,010	0,38	3,36	2,76	0,45
	1(литник)	0,12	0,50			0,22		0,40	3,49	2,71	0,47
	2(литник)	0,13	0,47			0,25		0,26	3,34	3,27	0,53
	3(литник)	0,15	0,47			0,23		0,26	3,38	3,13	0,54
	4(литник)	0,10	0,45			0,15		0,40	3,45	2,76	0,46
ГОСТ 5950		Не более	0,2–0,5	0,27–0,34	Не более	0,1–0,4	Не более	Не более	2,8–3,5	2,5–3,0	0,4–0,6

		0,3			0,030		0,030	0,35			

В донной части исследуемых слитков ЭШП произошло снижение содержания вредных примесей – фосфора и серы, соответственно, в 2,0 и 1,5 раза. Это подтвердило эффективность рафинирования металла при обработке шлаком в процессе ЭШП. Полученные результаты по снижению содержания фосфора показывают возможность обесфосфоривания, рассмотренную в работе [6], однако ЭШП не является процессом, пригодным для его удаления.

На втором этапе работы выполняли испытания механических свойств на образцах, отобранных от литых заготовок, полученных в ДСП, кованых электродах под ЭШП, слитках ЭШП и поковках из стали 4Х5МФ1С (табл. 3).

Анализ механических свойств показал, что прочностные характеристики как в литом состоянии, так и после ковки имеют одинаковый разброс значений, коэффициент вариации υ составляет ~ 1,1 %. Однако это не относится к пластичности, которая в поковках более стабильна (υ = 7,6 %) по сравнению с литым материалом (υ = 11,9 %).

Исследование поковок, полученных с разными степенями деформации: 5,2 единицы (первая схема ковки) и 11,5; 16,3 единицы (вторая схема ковки), показало, что с увеличением степени деформации наблюдается тенденция к возрастанию прочностных свойств. Усложнение схемы ковки по второму варианту (рис. 1) способствует измельчению зерна аустенита до 8 баллов, что гарантирует получение после окончательной термической обработки на готовом инструменте более высокие значения ударной вязкости. Это утверждение согласуется с данными работы [7]. Поковки, полученные по второй схеме ковки, имеют высокий уровень механических свойств:

– предел прочности – 1 735–1 755 МПа;

– предел текучести – 1 610–1 660 МПа;

– относительное удлинение – 9,4–12,0 %;

– относительное сужение– 37–47 %;

– ударная вязкость – 34 – 38 Дж⁄см^2;

– твердость HRC 45–49.

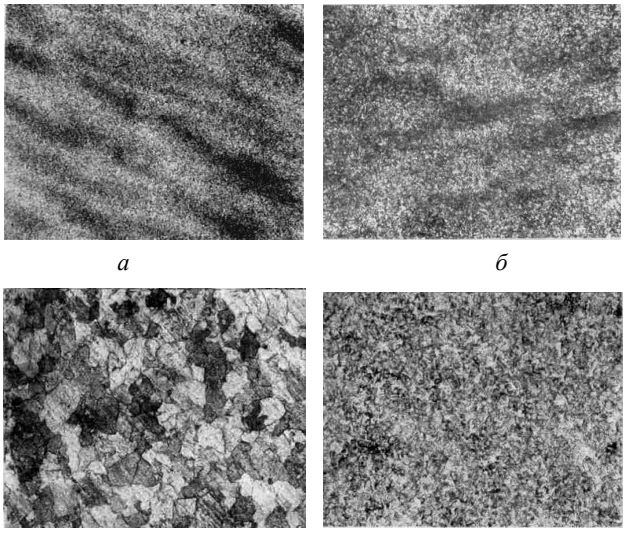
На заключительном этапе работы исследовали микроструктуру поковок из стали 3Х3М3Ф и 4Х5МФ1С, полученных по разным схемам ковки и подвергнутых различным видам отжига. При ковке заготовок из стали 3Х3М3Ф по второй схеме изменяли температурно-временные параметры нагрева заготовок и поковок. Температура нагрева заготовок была повышена на 80–50 °С относительно серийной технологии, а время выдержки увеличено до 4–5 ч. Охлаждение поковок проводилось на воздухе, россыпью до температуры 100–150 °С. Сравнительные исследования поковок, изготовленных по двум схемам ковки, показали, что усложнение схемы ковки и увеличение температуры нагрева и времени выдержки, способствовало снижению ликвационной неоднородности до 3–4 баллов ГОСТ 801 по сечению поковок и измельчению аустенитного зерна до 8 баллов.

На основании результатов микроисследований образцов, отобранных от поковок, отожженных по режимам 1–4 были определены требования к структуре. Показано, что структура поковок, изготовленных по первоначально разработанной промышленной технологии (режим 1), характеризуется наличием ликвационной полосчатости 6–7 баллов, представлена на рис. 2, *а*. Дополнительное назначение высокотемпературного нагрева до (910 ± 10) °С и последующей изотермической выдержки при T = (690 ± 10) °С (режим 2) позволило измельчить зерно аустенита до 9 баллов по ГОСТ 5939 (рис. 2, *в*, *г*) и уменьшить структурную полосчатость до 4 баллов ГОСТ 801 (рис. 2, *б*).

Таблица 3

Механические свойства слитков, выплавленных в ДСП и методом ЭШП, кованых электродов и поковок из стали 4Х5МФС

№ образца, способ выплавки	Вид полуфабриката	Механические свойства																	
		Предел прочности, МПа			Предел текучести, МПа			Относительное удлинение, %			Относительное сужение, %			KCU, Дж⁄смI			HRC		
		X	S	υ	X	S	υ	X	S	υ	X	S	υ	X	S	υ	X	S	υ
1, ДСП	Слиток	1540	14,2	0,92	1395	22,4	1,6	9	3	33,3	34,6	4,67	13,5	–	–	–	–	–	–
2, ДСП	Слиток	1565	10	0,64	1405	10	0,71	10,6	2,1	19,8	33,7	2,93	8,69	–	–	–	–	–	–
3, ДСП	Слиток 1,6 т	1620	20	1,23	1480	14,2	0,96	10,6	0,63	5,94	41,5	17,3	4,17	42,7	2,1	4,92	48	0,63	1,32
4, ДСП	Слиток 3,0 т	1660	–	–	1515	10	0,66	10,8	0,89	8,24	46,3	0,84	1,81	39,8	1,38	3,47	47	0,77	1,62
5, ДСП	Электрод	1535	17,3	1,13	1370	14,2	1,04	11,6	1,26	10,9	42,9	2,57	5,99	44,3	3,19	7,2	45	0,95	2,11
6, ДСП	Электрод	1510	14,2	0,94	1365	10	0,73	12,2	0,63	5,16	47,3	0	0	48,4	1,1	2,27	46	0,71	1,56
7, ЭШП	Поковка	1600	28,3	1,77	1460	28,3	1,94	10,4	1,26	12,11	40,3	1,55	3,85	40,7	2,1	5,16	45	0,71	1,58
8, ЭШП	Рассекатель, поковка	1755	4,9	0,28	1610	21,9	1,36	9,4	1,09	11,6	37	2,34	6,32	34,1	1,34	3,93	49	0,32	0,65
9, ЭШП	Поковка матрица	1735	4,9	0,28	1658	26,8	1,62	12	–	–	47	2,47	5,26	38,7	0,45	1,16	45	0,89	1,98

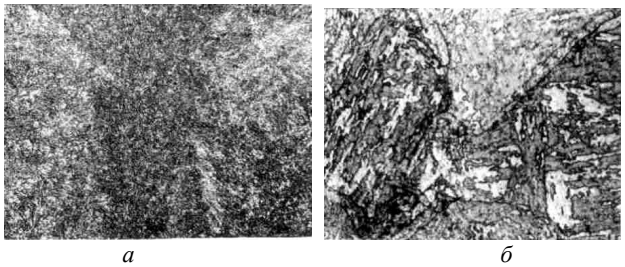


а *б*

в *г*

Рис. 2. Ликвационная полосчатость (*а*, *в*) и зерно аустенита в структуре поковок: *а*, *в* – × 100; *б*, *г* – × 500

После отжига по режимам 3, 4 в поковках была получена однородная структура зернистого перлита 4 балла ГОСТ 5950 (рис. 3, *а*). Однако отжиг сталей по режиму 4 привел к увеличению твердости поковок до НВ 241-255. Обработка резанием поковок с такой твёрдостью оказалась весьма затруднительной. На практике установлено, что удовлетворительная токарная обработка обеспечивается при твердости в пределах НВ 207–240, и это подтверждается данными работы [3]. На основании проведенных исследований было рекомендовано проводить термическую обработку поковок по режиму № 3. Таким образом, на основании проведенных микроисследований были определены требования к структуре поковок, которая гарантирует получение необходимых эксплуатационных свойств инструмента.



а *б*

Рис. 3. Зернистый перлит (*а*) и бейнит (*б*) в структуре поковок из стали 4Х5МФ1С: *а*, *б* – × 500

При исследовании было обнаружено, что низкие скорости охлаждения после высокотемпературного отжига или выгрузка поковок из печи с температуры значительно меньше 450–500 °С привели к формированию неоднородной структуры. В таких поковках была выявлена структура, состоящая из перлита, зерен полиэдрического феррита или бейнита (рис. 3, *б*). Распад аустенита по промежуточному бейнитному механизму при медленном охлаждении обусловлен особенностью исследуемых сталей в соответствии с термокинетическими диаграммами распада аустенита. В этих сталях области перлитного и бейнитного превращений разделены температурным интервалом высокой устойчивости переохлажденного аустенита [8]. При этом линии начала и окончания бейнитного распада смещаются вниз до температуры 350 °С и влево, частично перекрывая область мартенситного превращения. Возникновение структуры нижнего бейнита приводит к повышению твердости, высоким внутренним напряжениям и нестабильности механических свойств инструмента. Кроме того, недостатки структуры после предварительной термической обработки не устраняются при выполнении окончательной термообработки, а наследуются прессовым инструментом, снижая эксплуатационную стойкость.

Таким образом, на основании исследований заготовок для прессовых матриц из сталей 3Х3М3Ф и 4Х5МФ1С разработаны рекомендации по технологии получения поковок и определены требования к структуре:

1. Инструментальные штамповые стали для производства прессовых матриц необходимо подвергать ЭШП.

2. Поковки изготавливать ковкой по усложненной схеме при повышенной до 1 180–1 200 °С температуре нагрева и выдержке заготовок при этой температуре не менее 4 ч. Охлаждение поковок осуществлять россыпью на воздухе.

3. Технология термической обработки поковок должна включать двойную фазовую перекристаллизацию и сфероидизирующие изотермические выдержки, регламентированый нагрев и охлаждение.

4. Состояние структуры поковок должно соответствовать следующим требованиям:

– ликвационная полосчатость не выше 4 баллов по шкале № 5 ГОСТ 801;

– зернистость перлита не выше 4 баллов по шкале № 1 ГОСТ 5950;

– балл аустенитного зерна не ниже 8 по ГОСТ 5939.

Библиографический список

1. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. М. : Металлургия, 1983. 526 с.

2. Крамаров, М. А. Влияние высокотемпературной обработки на механические свойства и трещиностойкость стали 38ХН3МФ / М. А. Крамаров, А. С. Кондратьев // МиТОМ. 1990. № 1. С. 15–20.

3. Башнин, Ю. А. Технология термической обработки : учеб. для вузов / Ю. А. Башнин, Б. К. Ушаков, А. Г. Секей. М. : Металлургия, 1986. 424 с.

4. Технология термической обработки стали / под ред. М. Л. Бернштейна : пер. с нем. Б. Е. Левина. М. : Металлургия, 1981. 608 с

5. Поздняк, Л. А. Инструментальные стали : справочник / Л. А. Поздняк, С. И. Тишаев, Ю. М. Скрынченко и др. М. : Металлургия, 1977. 168 с.

6. Латаш, Ю. В. Электрошлаковый переплав / Ю. В. Латаш, Б. И. Медовар. М. : Металлургия, 1970. 240 с.

7. Перебоева, А. А. Исследование влияния технологии изготовления заготовок прессового инструмента на их качество / А. А. Перебоева, Г. П. Усынина, Н. В. Окладникова, А. И. Маркова // Изв. вуз. Черная металлургия. 1999. № 3. С. 41–44.

8. ВЦHLER W303, W302. Warmarbeitsstahl.

T. A. Bogdanova, L. P. Tretyakova, V. S. Biront, A. A. Pereboyeva, N. V. Okladnikova

THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF THE HEAT TREATMENT OF THE PRESSING EQUIPMENT

It is given the results of analysis of the complex research works at the problem of warning of the pressing equipment premature going out of action. The analysis was made by specialists of the Krasnoyarsk metallurgical plant.

УДК 621.787

И. В. Трифанов, Т. А. Слинкина, И. В. Стерехов, Л. И. Трифанова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТРУБ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Рассмотрены параметры дорнования при изготовлении труб малого диаметра.

При изготовлении тонкостенных заготовок труб малого диаметра с толщиной стенки h = 0,5...1,4 мм необходимо определить усилия дорнования, контактные давления и другие параметры. Измерение усилий дорнования производилось с помощью однокомпонентного упругого динамометра с фольговыми тензорезисторами. Запись электрических сигналов, поступающих от динамометра, выполняли через усилитель ТА-5 шлейфовым осциллографом Н071,5 м с точностью не ниже ± 1 %. Исследовались заготовки труб Ш 3 мм из сплава 32 НКД, стали 45, стали 20, меди М1. Параметрами, оказывающими влияние на усилие дорнования были выбраны: диаметр канала трубы (d), степень натяга (a), твердость материала заготовки НВ.

Из графиков экспериментальной зависимости усилия дорноваания F и усилия дорнования трубчатых заготовок из меди (рис. 1, 2) видно, что $F = f(d, a, \text{НВ})$.

Метод дорнования при выбранных параметрах позволяет обрабатывать тонкостенные трубчатые заготовки с толщиной стенки h = 0,5...1,4 мм. Важными технологическими параметрами являются усилия дорнования для создания эффективной технологии.

Усилия дорнования необходимо использовать для оценки прочности хвостовика инструмента – дорна, расчета его инструмента и непосредственно трубчатой заготовки, подбора вида смазки, а также контактных давлений и других параметров. На основе однофакторных экспериментов была получена зависимость для расчета усилий дорнования:

$$F = c\text{НВ}\, d^{x} a^{y} = 1{,}235 d^{0{,}57}\, a^{1{,}345}\text{НВ},$$

где c – коэффициент; НВ – твердость материала; d – диаметр канала трубчатой заготовки; a – степень натяга.

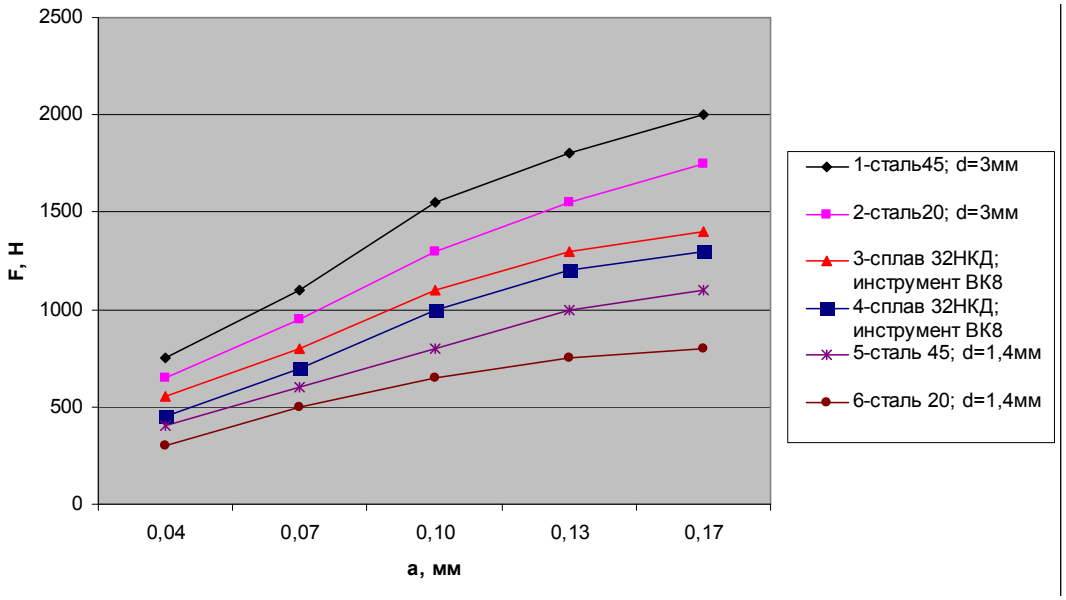


Рис. 1. Зависимость усилий дорнования каналов в заготовках

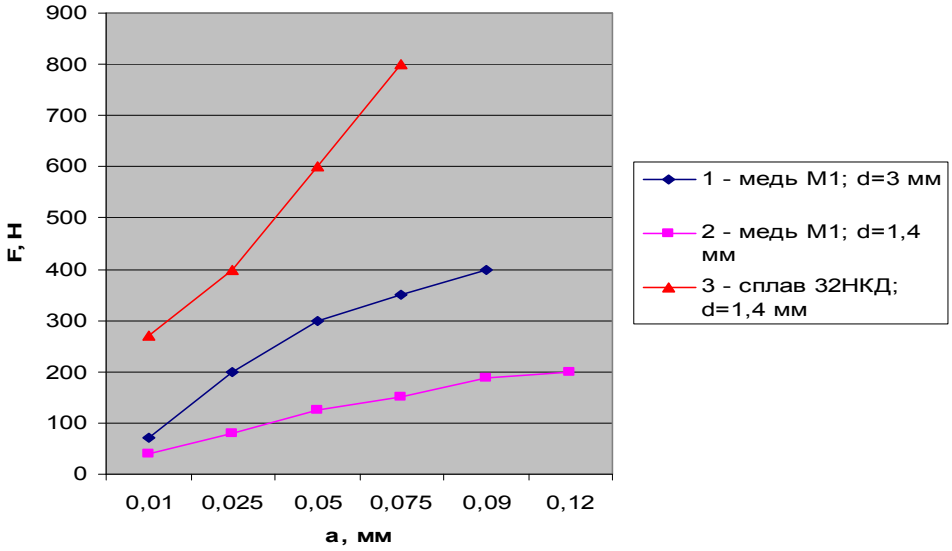


Рис. 2. Зависимости усилия дорнования каналов твердосплавным инструментом

Для обеспечения требуемого качества рабочей поверхности каналов труб волноводов необходимо обеспечить требуемый уровень контактных давлений в зоне деформирования со стороны инструмента – дорна. Контактные давления исследовали для той же номенклатуры труб, что и усилий дорнования. Средние давления на рабочем конусе можно вычислить по формуле [1]:

$$P = \frac{F}{\pi d_c L_ф (\sin\alpha + f\cos\alpha)},$$

где F – усилие дорнования; d_c – диаметр рабочего конуса посреди ширины контакта; $L_ф$ – фактическая ширина контакта рабочего конуса с трубчатой заготовкой; б – половина угла рабочего конуса инструмента – дорна; f – коэффициент трения между инструментом – дорном и трубчатой заготовкой.

Правомерность приравнивания усилия дорнования усилию на рабочем конусе подтверждается результатами измерения усилия дорнования в зависимости от ширины (b) цилиндрической ленточки инструмента – дорна. В работе [1] показано, что влияние ширины ленточки (b) на усилие дорнования F является слабым. Поэтому силами трения на ленточке при $b \le 3$ мм (рис. 3) можно пренебречь, приняв действующие на рабочем конусе усилие равным усилию дорнования. При $D/d \le 3$ для тонкостенных труб волноводов заготовка в процессе дорнования может подвергатся сквозной пластической деформации. Материал заготовки в контактном слое находиться в условиях, близких к объемному сжатию. В остальной части заготовки напряженно-деформированное состояние близко к состоянию трубы, подвергнутой воздействию равномерного внутреннего давления.

Ширина контакта рабочего конуса инструмента-дорна с заготовкой L_a из-за изгиба ее стенок оказывается существенно меньше геометрической ширины $L_г$, которая определяется по формуле

$$L_г = a/2\sin б,$$

где a – степень натяга; б – угол рабочего конуса инструмента.

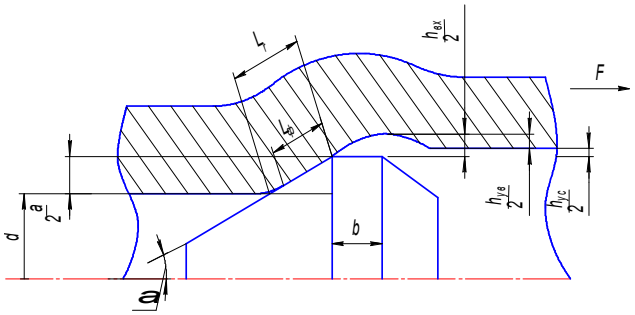


Рис. 3. Схема взаимодействия инструмента-дорна с трубчатой заготовкой при обработке их дорнованием

Дорнование может сопровождаться как положительной, так и отрицательной усадкой (разбивкой) отверстия ($h_{ус}$) [1] в зависимости от соотношения между неконтактной деформацией $h_{вк}$ за рабочим конусом инструмента – дорна и упругим восстановлением материала заготовки $h_{ув}$.

При $D/d < 3$ дорнование отверстий может проводиться с большими натягами, например, обработка заготовок из горячекатаных и холоднодеформированных труб D/d = 1,2...1,6 может производиться с суммарным натягом a = (0,1...0,2)d и сопровождаться значительным изменением размеров заготовок. Точность диаметра отверстия канала может быть повышена в несколько раз (с 16...17 до 8...11 квалитетов) [1]. При высоких требованиях к точности отверстий труб волноводов (JT6–JT7) необходима их предварительная обработка резанием, например, расточка, зенкерование или развертывание. При реализации данного метода половина угла рабочего конуса инструмента – дорна б может составлять 5...6°, коэффициент трения f = 0,2...0,3, шероховатость рабочей поверхности Ra ≤ 0,03 мкм. При таких параметрах дорнование тонкостенных трубчатых заготовок целесообразно проводить путем их осевого растяжения за счет усилия дорнования F и протягивания самой заготовки относительно инструмента-дорна, неподвижно закрепленного в станке. Такая технологическая схема в сочетании с применением специальных установочных приспо-

соблений позволяет обеспечить надежное базирование заготовки, снизить до минимума перекосы и изгиб хвостовика инструмента – дорна, закрепленного неподвижно.

При дорновании средние контактные давления определяются величиной натяга (a) и механическими свойствами материала заготовок и практически не зависят от диаметра канала трубы волновода. При малых натягах контактные давления могут достигать (6...9) $д_т$ предела текучести материала заготовки [2]. Для снижения шероховатости рабочей поверхности трубы волновода до требуемых параметров этого вполне достаточно. С увеличением натяга контактные давления падают, причем в области малых натягов наиболее интенсивно. Это объясняется тем, что с повышением натяга фактическая ширина контакта рабочего корпуса инструмента-дорна с заготовкой растет быстрее, чем усилие дорнования F [2]. Механика пластического деформирования в процессе деформирующего протягивания должна строиться по следующей технологической схеме: дорнование каналов труб необходимо осуществлять за несколько переходов инструментами-дорнами с возрастающими диаметрами. При первом протягивании целесообразно использовать 60...70 % суммарного натяга дорнования, последующие переходы необходимо производить с малыми натягами, при которых обеспечивается высокий уровень контактных давлений, что позволит получить высокое качество поверхности (низкую шероховатость и отсутствие трещин).

Зависимости контактных давлений при дорновании различных сталей и сплава 32НКД, оличающихся своими механическими свойствами (рис. 4), носят нелинейный характер и показывают, что наибольшие средние контактные давления наблюдаются в области a = 0,012...0,015 мм для всех марок сталей. Эти наибольшие контактные давления при малых натягах необходимо использовать на финишных операциях при изготовлении каналов малого сечения для обеспечения наименьшей шероховатости поверхности.

Графики изменения шероховатости канала трубы волновода от натяга для различных марок статей в зависимости от циклов дорнования (1, 2, 3, 4) представлены на рис. 5. Начало и окончание циклов дорнования обозначены точками на графике.

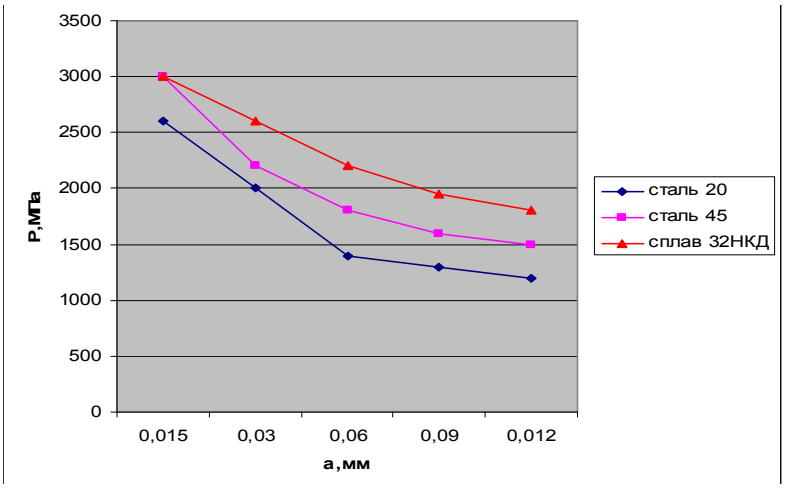


Рис. 4. Зависимость средних контактных давлений от степени натяга при дорновании отверстия

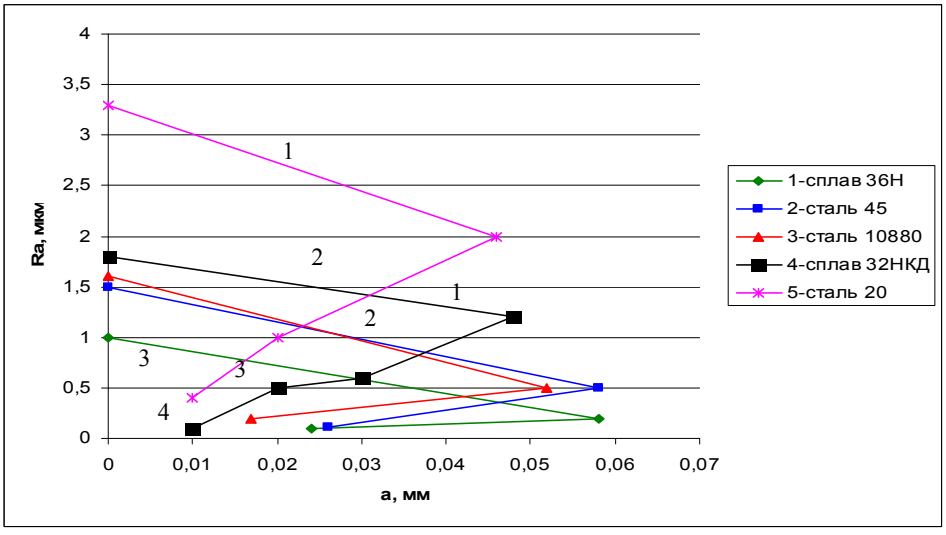


Рис. 5. Изменение параметров шероховатости канала труб малого диаметра при дорновании от циклов дорнования и степени натяга a

Механические свойства исследуемых марок сталей и сплавов 32НКД и 36Н представлены в таблице.

Стали и сплавы	НВ	$д_{0,2}$ МПа	*E*, МПа
Сталь 45	1 710	350	202 000
Сталь 20	1 310	285	202 000
Сталь 10 880	1 150	190	202 000
Сплав 32НКД	1 290	299,5	144 000
Медь М1	450	59,9	115 000
36Н	1 300	280...300	150 000

Существенную роль на формирование шероховатости оказывает предел текучести $д_{02}$ сталей и сплавов. Превышение средних контактных давлений в 3...6 раз на финишных операциях обеспечивает Ra 0,1...0,3 мкм.

Из графиков (см. рис. 5) следует, что при дорновании за 2...3 цикла при a = 0,05...0,01, Ra внутреннего канала трубы волновода снижается до требуемой величины, например от исходного Ra 3,2 до Ra 0,14 для стали 20; от исходного Ra 1,8 до Ra 0,08 для сплава 32 НКД после 4 циклов дорнования.

В результате проведенного исследования получены следующие выводы:

1. Зависимости усилия дорнования при изготовлении труб волноводов носят не линейный характер и описываются степенной функцией.

2. Шероховатость обрабатываемой поверхности определяется уровнем контактных давлений в зоне деформирования со стороны инструмента-дорна и величиной предела текучести обрабатываемого материала.

3. Механика пластического деформирования в процессе деформирующего протягивания должна осуществляться за несколько переходов: первый переход с наибольшими натягами, последующие – с малыми натягами 0,002 5...0,01 мм для обеспечения наилучшего качества обрабатываемой поверхности.

Библиографический список

1 Скворцов, В. Ф. Дорнование глубоких отверстий малого диаметра : монография / В. Ф. Скворцов, А. Ю. Арляпов. Томск : Изд-во ТПУ, 2005. С. 12–13.

2. Розенберг, А. М. Механика пластического деформирования в процессах резания и деформирующего протягивания / А. М. Розенберг, О. А. Розенберг. Киев : Наукова думка, 1990. 320 с.

3. Трифанов, И. В. Исследование параметров взаимодействия инструмента – дорна и заготовки при изготовлении каналов малого сечения / И. В. Трифанов, И. В. Стерехов и др. // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева : сб. науч. тр. / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. Вып. 4. С. 126–127.

I. V. Trifanov, T. A. Slinkina, I. V. Sterehov, L. I. Trifonova

RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS AT PRODUCTING OF SMALL DIAMETER PIPES

It is considered the technological parameters of small diameter pipes during producting.

УДК 65.011.8

Л. В. Ерыгина, Н. О. Макаренко

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрен подход к оценке инновационного потенциала, в частности для предприятий РКП, который позволяет провести исследование имеющихся ресурсов предприятия, с целью дальнейшего выбора инновационной стратегии. Обоснована необходимость разработки универсальной системы показателей для оценки инновационного потенциала с учетом особенностей ракетно-космической промышленности.

Инновационный потенциал страны выступает определяющим фактором ее инновационного развития. При этом основополагающими являются стратегии развития в области высоких технологий, которые могут максимально ускорить переход экономики на инновационный путь развития. На протяжении многих десятилетий технологическим лидером в нашей стране являлась и продолжает оставаться ракетно-космическая промышленность (РКП).

Несмотря на трудности экономического развития страны последних 15 лет, РКП в числе немногих отраслей промышленности продолжает оставаться по многим позициям конкурентоспособной на мировом уровне, что дает основание рассматривать ее как реальную базу для развития инновационных проектов национального масштаба. Ракетно-космическая техника находится сегодня в перечне направлений, формирующих новый технологический уклад в мире (вместе с ядерной энергетикой, биотехнологиями, системами искусственного интеллекта), что создает для России потенциальные предпосылки для вхождения в группу стран – технологических лидеров.

Кризисное состояние экономики страны в 90-х гг. во многом подорвало позиции России на мировом космическом рынке. Коммерческая доля нашей страны, некогда безусловно мирового лидера в космонавтике, сегодня не превосходит 1,5 %. Снижение за эти годы государственного финансирования отрасли привело к сокращению производства оборонной отрасли. По оценкам специалистов, инновационный потенциал конкретных предприятий востребован сегодня лишь на 5–7%. Огромные ресурсы как креативного, так и производственного характера остаются «в тени» и не реализуются. А ведь именно рынок высоких технологий и наукоемких производств, а не сырьевые возможности и ресурсы будут определять место страны в мировой экономике и в мировом разделении труда, и РКП, как «локомотиву» технологического развития, может принадлежать решающая роль в развитии инновационной экономики.

В этой связи необходима разработка теории и методов анализа инновационного потенциала предприятия, способствующего более уверенному, надежному и спланированному внедрению инноваций. В настоящее время предприятия продолжают применять лишь стандартные методики финансового анализа, базирующиеся на расчете различных коэффициентов финансовой устойчивости, платежеспособности и т. д. Многие предприятия уже накопили ценный «багаж» информации о своей производственно-хозяйственной деятельности, однако, не всегда верно используют эту информацию при подготовке инновационных решений.

Необходимо также учитывать специфические отраслевые особенности. Например, для РКП характерны высокие темпы развития и частая смена конструкций летательных аппаратов; значительный объем одновременно выполняемых работ (ОКР, производство и модернизация космической техники); значительная доля специализированных производств и уникального оборудования; наличие высококвалифицированных научных и производственных кадров; широкое кооперирование предприятий РКП с предприятиями зарубежных стран (Франция, Япония, Китай, Германия и др.), а также с другими отраслями промышленности; уникальность базовых технологий; длительные циклы изготовления изделий и создания ракетно-космической техники. Это определяет новые подходы к оценке потенциала предприятий РКП.

Основной задачей анализа инновационного потенциала предприятия является создание универсальных инструментальных средств, позволяющих выявить, проанализировать и оценить инновационный потенциал. Решение этой задачи даст возможность разработать систему стратегического планирования инноваций на предприятии.

Особенностью такого анализа является расчет внутреннего инновационного потенциала предприятия и представление данных в качестве параметров внутренней среды предприятия, формирование множества стратегических альтернатив на основе анализа внутренней и внешней среды предприятия, разработка инновационной стратегии предприятия, прогноз изменения уровня использования инновационного потенциала предприятия в условиях реализации данной стратегии.

Научный интерес к проблеме оценки инновационного потенциала предприятия заставляет обратиться к анализу накопленного теоретического материала.

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. вышло много публикаций, содержащих различные аспекты понятия «потенциал». В большинстве работ отмечается важность изучения проблем оценки потенциала и указывается на существование значительных различий в определении самого понятия потенциала, его сущности, состава и соотношения с другими категориями.

Понятие инновационного потенциала, обеспечивающего рост системы за счет нововведений, в экономическую модель впервые было введено ученым К. Фрименом. Нововведение, по Фримену, представляет собой систему мероприятий по разработке, ос-

воению, эксплуатации и исчерпанию производственно-экономического и социально-организационного потенциала, лежащего в основе новшеств [1].

Практический аспект понятия «потенциал» нашел свое отражение в работах П. Друкера, где он исследует источники развития современной промышленности. В частности, Друкер отмечал, что инновации начинаются с анализа имеющегося потенциала с целью его эффективного использования [2].

Когда речь идет об инновационном развитии «вообще», достаточно полным и понятным представляется определение: «инновационный потенциал – совокупность различных видов ресурсов, необходимых для осуществления инновационной деятельности».

В словаре иностранных слов И. А. Васюковой приводится толкование термина как мощь, сила [3]. В Большой советской энциклопедии приводится определение термина «потенциал» как «…средства, запасы, источники, имеющиеся в наличии и могущие быть мобилизованы, приведены в действие, использованы для достижения определенных целей, осуществления плана; решения какой-либо задачи; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области» [4].

Более полный перечень существующих определений инновационного потенциала представлен в табл. 1.

В целом, инновационный потенциал организации – это мера готовности выполнить задачи, обеспечивающие достижение поставленной инновационной цели, т. е. мера готовности к реализации проекта или программы инновационных стратегических изменений. От состояния инновационного потенциала зависит выбор инновационной стратегии, поэтому его оценка – необходимая операция процесса разработки стратегии и неотъемлемая часть управления теми изменениями на предприятии, которые неразрывно связаны с любыми инновационными целями компаний.

Попытки проанализировать существующие определения инновационного потенциала и дать им более глубокое и всестороннее толкование предприняты в работах В. Н. Гончарова [5] и С. И. Кравченко [6]. Нельзя не согласиться, что отождествление терминов «потенциал» и «ресурсы» неприемлемо. В то же время наличие необходимых ресурсов – обязательное условие осуществления внедрения инноваций, и чаще всего руководители предприятий первопричинным аспектом инновационного развития предприятия называют недостаток ресурсного обеспечения. Но при этом не трудно количественно описать составляющие инновационного потенциала. Можно подсчитать активы и кредитные ресурсы, наличное оборудование и его стоимость, количество квалифицированных работников и даже уровень их квалификации. Все это, конечно же, должно учитываться при оценке инновационного потенциала предприятия. Но вопрос о том, каким образом эти составляющие входят в ту целостность, которую именуют инновационным потенциалом, остается открытым.

Более того, на сегодняшний день уже ошибочно считать, что чем больше ресурсов, тем выше инновационный потенциал. Ведь реальный опыт свидетельствует, что это далеко не определяющий фактор во внедрении инноваций. Огромное предприятие, имеющее колоссальные ресурсы часто имеет намного меньший инновационный потенциал, чем небольшой, но творческий коллектив новаторов. Следовательно, возникают вопросы: каким образом следует подходить к оценке инновационного потенциала предприятия, какие критерии должны быть определяющими, и какая должна быть единица измерения?

Анализ последних публикаций, посвященных проблемам оценки инновационного потенциала предприятия позволяет выделить наиболее удачный подход, предложенный А. А. Трифиловой – стратегический анализ инновационной активности предприятия [7]. Такой подход позволяет определять имеющиеся технологические возможности и может использоваться при выборе направлений инновационного развития. Речь идет о том, что в зависимости от степени текущего технологического и производственного состояния предприятия осуществляются выбор либо стратегии лидера, а значит, разработки принципиально новых технологий, либо стратегии последователя, т. е. внедрения улучшающих товаров и услуг на смену существующим.

Согласно этому подходу к основным составляющим инновационного потенциала предприятия необходимо отнести:

– инновационно-ориентированные подразделения (собственное научное подразделение, конструкторский отдел, лаборатория контроля качества продукции, отдел маркетинга новой продукции, патентный отдел);

– профессиональный кадровый состав (лидер-новатор; кадры, имеющие специальное образование и опыт проведения НИР; специалисты в сфере маркетинга, планирования и прогнозирования скрытых потребностей покупателей);

– финансовые ресурсы (федеральные, грантовые, инвестиционные, собственные, заемные);

– материально-техническое оснащение (опытно-приборная база, пилотные установки, исследовательское, экспериментальное и лабораторное оборудование);

– интеллектуальная собственность (изобретения, товарные знаки и знаки обслуживания, промышленные образцы, полезные модели, ноу-хау, инновационные программы и проектные планы);

– дополнительные источники повышения результатов инновационной деятельности (информационный отдел, партнерские и личные связи с НИИ, вузами, в том числе зарубежными, ресурс площадей, опыт управления проектами, отдел стратегического развития).

По мнению А. А. Трифиловой, это тот минимально необходимый набор инфраструктурных составляющих, которым предприятие должно обладать, тот начальный уровень развития, который предприятию необходимо достичь, с тем, чтобы эффективно осуществлять разработку и реализацию новых технологий.

Оценку инновационной активности предприятий А. А. Трифилова предлагает вести в виде расчета и сравнения полученных значений коэффициентов с установленными базисными величинами (табл. 2).

Таблица 1

Определения термина «инновационный потенциал»

Автор	Определение	Источник
Н. Н. Ахметова	Инновационный потенциал определяется как совокупность различных видов ресурсов, включая материальные, финансовые, интеллектуальные, научно-технические и иные ресурсы, необходимые для осуществления инновационной деятельности	[8]
И. Р.Бузеко И. Е. Дмитриенко О. А. Сущенко	Инновационный потенциал описывается как способность предприятия разрабатывать и реализовывать инновационные проекты	[9
В. О. Василенко В. Г. Шматько	Определяют инновационный потенциал как способность хозяйства или субъекта хозяйствования производить новую наукоемкую продукцию, которая соответствует требованиям рынка	[10]
М. Данько	Инновационный потенциал отождествляется с научно-техническим, представляется как «накопленное определенное количество информации о результатах научно-технических работ, изобретений, проектно-конструкторских разработок, образцов новой техники и продукции»	[11]
С. Л. Иллященко	Инновационный потенциал – это определенная критическая масса ресурсов субъекта хозяйственной деятельности, которая необходима и достаточна для его развития на основе постоянного поиска и использование новых способов и сфер реализации рыночных возможностей	[12]
Калашников В. А.	Инновационный потенциал описывает как способности различных отраслей народного хозяйства производить наукоемкую продукцию, отвечающую требованиям мирового рынка	[13]
Д. И. Кокурин	Инновационный потенциал содержит неиспользованные, скрытые возможности накопленных ресурсов, которые могут быть приведены в действие для достижения целей экономических субъектов	[14]
О. В. Косолапов О. А. Гиренко-Коцуба	Инновационный потенциал организации в общем виде включает предполагаемые или уже мобилизованные ресурсы и организационный механизм для достижения поставленной цели в области наукоемких технологических процессов, новых видов продуктов или их модификации, а также новых услуг. Это мера готовности организации выполнять поставленные инновационные задачи	[15]
С. В. Кочетков	Инновационный потенциал определяется как совокупная способность имеющихся в наличие у предприятия ресурсов достигать поставленных инновационных целей	[16]
С. И. Кравченко И. С. Кладченко	Инновационный потенциал трактуется как способность системы к трансформации фактического порядка вещей в новое состояние с целью удовлетворения существующих или вновь возникающих потребностей (субъекта-новатора, потребителя, рынка и т. п.)	[6]
А. Николаев	Инновационный потенциал – это система факторов и условий, необходимых для осуществления инновационного процесса	[17]
А. Г. Поршнев З. П. Румянцева Н. А. Соломатин	Инновационный потенциал описывают как мера готовности к реализации инновационного проекта или программы инновационных преобразований и внедрения инноваций	[18]

Таблица 2

Экономические показатели инновационной активности

Показатель	Формула	Базовая величина
Коэффициент обеспеченности интеллектуальной собственностью	$К_{ис} = \frac{С_и}{А_{вн}}$, где $А_{вн}$ – «Внеоборотные активы» (стр. 190 Бухгалтерского баланса); $С_и$ – интеллектуальная собственность (стр. 110 «Нематериальные активы» I разд. Бухгалтерского баланса), руб.	$К_{ис} \geq 0,10...0,15$ – стратегия лидера; $К_{ис} \leq 0,10...0,15$ – стратегия последователя
Коэффициент персонала, занятого в НИР и ОКР	$К_{пр} = \frac{П_н}{Ч_р}$, где $П_н$ – число занятых в сфере НИР и ОКР, чел.; $Ч_р$ – средняя численность работников предприятия, чел.	$К_{пр} \geq 0,20...0,25$ – стратегия лидера; $К_{пр} \leq 0,20...0,25$ – стратегия последователя
Коэффициент имущества, предназначенного для НИР И ОКР	$К_{ни} = \frac{О_{оп}}{О_{пн}}$, где $О_{оп}$ – стоимость оборудования опытно-приборного назначения, руб.; $О_{пн}$ – стоимость оборудования производственного назначения, руб.	$К_{ни} \geq 0,25...0,30$ – стратегия лидера; $К_{ни} \leq 0,25...0,30$ – стратегия последователя
Коэффициент освоения новой техники	$К_{от} = \frac{ОФ_н}{ОФ_{ср}}$, где $ОФ_н$ – стоимость вновь введенных основных фондов, руб.; $ОФ_{ср}$ – среднегодовая стоимость основных производственных фондов предприятия, руб.	$К_{от} \geq 0,35...0,40$ – стратегия лидера; $К_{от} \geq 0,35...0,40$ – стратегия последователя
Коэффициент освоения новой продукции	$К_{оп} = \frac{ВР_{нп}}{ВР_{об}}$, где $ВР_{нп}$ – выручка от продажи новой или усовершенствованной продукции (работ, услуг) и продукции (работ, услуг), изготовленной с использованием новых или улучшенных технологий, руб.; $ВР_{об}$ – общая выручка от продажи всей продукции (работ, услуг), руб.	$К_{оп} \geq 0,45...0,50$ – стратегия лидера; $К_{оп} \leq 0,45...0,50$ – стратегия последователя
Коэффициент инновационного роста	$К_{ир} = \frac{И_{ис}}{И_{об}}$, где $И_{ис}$ – стоимость научно-исследовательских и учебно-методических инвестиционных проектов, руб.; $И_{об}$ – общая стоимость прочих инвестиционных расходов, руб.	$К_{ир} \geq 0,55...0,60$ – стратегия лидера; $К_{ир} \leq 0,55...0,60$ – стратегия последователя

Описываемая методика основана на определении экономических показателей и направлена на анализ использования инновационных ресурсов предприятия, включая интеллектуальные, кадровые, имущественные, продуктовые, технологические и инвестиционные. В зависимости от степени текущей вооруженности и оснащенности предприятия теми или иными инновационными ресурсами формируется та или иная стратегия его дальнейшего инновационного развития: освоение базисных или только улучшающих инноваций. Можно сделать вывод, что предложенная А. А. Трифиловой система оценки инновационной активности как исходного этапа формирования стратегии технологического развития позволяет предприятию проанализировать свои текущие инвестиционные возможности в инновационной сфере еще до начала осуществления научно-технологического поиска на основе целого ряда экономических критериев. Такой подход также позволяет предприятию реально оценивать свои инновационные ресурсы, в соответствии с которыми оно изначально может осуществлять адекватный выбор дальнейшего направления инновационного развития и избежать благодаря этому вложений инвестиционных средств в экономически нереализуемые проекты.

Однако предложенный подход, на наш взгляд, необходимо адаптировать к особенностям РКП. Во-первых, проведение только анализа текущего состояния предприятия в инновационной сфере не может быть достаточным условием для эффективного вовлечения новых технологий в хозяйственный оборот. В результате этого анализа, предприятие лишь решает вопрос о том, к какому уровню инновационного развития может стремиться предприятие.

Во-вторых, сами экономические показатели носят сильно обобщенный характер, а в условии инновационного развития необходимо учитывать особенности отрасли, а так же специфику инновации, что может требовать поэлементный расчет ресурсов, необходимых для реализации этой инноваций. При этом можно отметить, что базовые величины, предложенные А. А. Трифиловой, как оценочные показатели для выбора стратегии, никак не связаны с той или иной отраслью. Например, в РКП коэффициент персонала, занятого в НИР и ОКР значительно выше, так как приблизительно 70 % специалистов заняты в опытно-

конструк-торских и исследовательских работах, и только 30 % – в производстве. Коэффициент имущества, предназначенного для НИР и ОКР будет тоже иметь более высокое значение, так как практически все имущество в этой отрасли представлено в виде опытно-конструкторских и испытательных стендов. Вопрос здесь заключается лишь в том, насколько это оборудование может быть морально устаревшим и не подходить под современные технологические требования РКП.

В-третьих, автор выделяет три основные составляющие инновационного потенциала: производственную (объем производства продукции, основные средства), технологическую (наличие новой техники, оборудования НИОКР), кадровую (профессиональные кадры), однако не указывает их взаимосвязь и взаимозависимость, что ставит под сомнение достаточность этих составляющих и не дает возможности для разработки механизма оценки и управления.

В-четвертых, в определение инновационного потенциала включаются лишь коэффициенты, а в действительности это должно быть дополнено количественными показателями, стоимостными выражениями, соотношениями, экспертными оценками и т. д.

Пока анализ публикаций по проблеме оценки потенциала выявляет слабую ее проработку на уровне отдельной отрасли и, особенно, на уровне предприятия. В некоторых публикациях лишь констатируется тот факт, что вопросы оценки потенциала отдельных предприятий остались в стороне от внимания исследователей.

В России же на практике установлен приоритет имитационных схем освоения тех или иных новшеств, что приводит к реализации сценария «догоняющего развития» страны. Инновационный потенциал при этом понимается лишь как способность предприятий к восприятию чужих новых идей и имитации новых технологий, разработанных в экономически более развитых странах. Но необходимо понимать, что для выхода страны на высокий уровень инновационного развития необходимо освоение базовых инноваций, которые характерны для промышленных отраслей типа РКП. Тем самым подчеркивается актуальность создания метода оценки инновационного потенциала предприятия, а также эффективного его использования.

Библиографический список

1. Freeman, C. The National System of Innovation in Historical Perspective / C. Freeman // Cambridge Journal of Economics. 1995. Vol. 19. № 1.

2. Друкер, П. Ф. Задачи менеджмента в XXI веке / П. Ф. Друкер. М. : Вильямс, 2000.

3. Словарь иностранных слов / под ред. И. А. Васюкова. М., 1972.

4. Большая советская энциклопедия / ред. Б. А. Введенский. Т. 34.

5. Гончаров, В. Н. Характеристика инновационного потенциала предприятия в крнтексие стратегического управления / В. Н. Гончаров, Е. В. Иванова // Наукові праці ДонНГУ. Серія: економічна. Випуск. 76.

6. Кравченко, С. И. Исследование сущности инновационного потенциала / С. И. Красченко, И. С. Кладченко // Наукові праці ДонНГУ. Серія: економічна. Випуск 68.

7. Трифилова, А. А. Управление инновационным развитием предприятия / А. А. Трифилова. М. : Финансы и статистика. 2003.

8. www.anrb.ru/isei/

9. Бузеко, И. Р. Стратегический потенциал и формирование приоритетов в развитии предприятия : монография / И. Р. Бузеко, И. Е. Дмитриенко, О. А. Сущенко. Алчевск : Изд-во ДГМИ, 2002.

10. Василенко, В. О. Инновационный менеджмент / В. О. Василенко, В. Г. Шматько ; под ред. В. О. Василенко. Киев : Феникс, 2003.

11. Данько, М. Инновационный потенциал в промышленности Украины / М. Данько // Экономист. 1999. № 10.

12. Иллященко, С. Л. Управление инновационным развитием: проблемы, концепции, методы / С. Л. Иллященко. Сумы : Университетская книга, 2003.

13. Рынок: Бизнес, коммерция. Экономика : толковый терминологический словарь / сост. В. А. Калашников ; под общ. ред. А. П. Дашкова. 4-е изд., испр. и доп. М. : Маркетинг, 1998.

14. Кокурин, Д. И. Инновационная деятельность / Д. И. Кокурин. М. : Экзамен, 2001.

15. www.uralweb.ru

16. Кочетков, С. В. Результаты использования инновационного потенциала на уровне предприятия / С. В. Кочетков // Вестник ВГУ. Серия «Экономика и управление». 2005. № 2.

17. Николаев, А. Инновационное развитие и инновационная культура / А. Николаев // Проблемы теории и практики управления. 2001. № 5.

18. Управление организацией / под ред. А. Г. Поршнева, З. П. Румянцевой, Н. А. Соломатина. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Инфра-М, 2000.

L. V. Erygina, N. O. Makarenko

ESTIMATION OF INNOVATIVE POTENTIAL OF THE ENTERPRISES OF THE SPACE-ROCKET INDUSTRY

The approach to an innovative potential estimation is considered, in particular for RSI enterprises, which allows to carry out the enterprise available resources research, with the purpose of the further innovative strategy choice is considered. Necessity of parameters universal system development for an innovative potential estimation in view of the rocket-space industry features is proved.

УДК 656.7

А. В. Глухов

ВНЕШНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ИМЕЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОПОЛНЕНИЕ АВИАПАРКА РОССИЙСКИХ АВИАКОМПАНИЙ

Производится анализ факторов, сдерживающих развитие авиационного лизинга в РФ. Формулируются предложения по его развитию: дифференцированный подход к установлению таможенных пошлин, снижение финансовых рисков, секьюритизаця лизинговых сделок, усовершенствование аэропортовых сетей и др.

Несмотря на устойчивое развитие российского лизингового рынка, общий объем лизинговых операций, осуществляемых отечественными авиакомпаниями, пока недостаточен для решения проблемы старения и массового выбытия авиатехники, построенной еще в советское время. Наиболее острой проблемой, сдерживающей развитие лизинга в авиационной отрасли, является несовершенство правовой базы, которая далека от того, чтобы быть катализатором лизинговой деятельности. Во многом правовые проблемы, связанные с лизингом аналогичны тем, которые возникают при использовании других методов и форм финансирования инвестиций. Эти проблемы связаны с правовой защитой контрактных обязательств, в частности, продолжительностью и высокой стоимостью процедур по реализации залоговых прав, гарантийных обязательств и соглашений по урегулированию встречных требований участников лизинговых операций. Несмотря на то, что лизингодатель обладает законным правом изъять лизинговое имущество при нарушениях лизингополучателем своих обязательств, на практике в случае несостоятельности лизингополучателя у лизингодателя возникает масса трудностей, связанных с реализацией этого права. Для минимизации подобных рисков авиакомпаниям рекомендуется включать в договор лизинга различные механизмы, обеспечивающие финансовую безопасность лизингодателя: гарантии от поставщиков воздушных судов, третьих лиц; требования об обязательном страховании рисков в связи с изъятием объекта лизинга; четкую процедуру возврата лизингового имущества лизингодателю.

Анализ законодательства в области лизинга позволил сделать вывод о необходимости специального закона, регулирующего авиационный лизинг. Принятие такого закона будет способствовать расширению операций финансового лизинга в авиационной отрасли с учетом ее технико-экономических особенностей путем закрепления в законе ответственности сторон, распределения рисков между участниками лизинговых отношений, определения механизма предоставления государственных гарантий. В проект закона об авиационном лизинге рекомендуется внести нормы распределения ответственности участников авиационного лизинга, согласно которым риск гибели, утраты, порчи оборудования с момента принятия его в собственность лизингодателем до момента передачи их лизингополучателю должен нести лизингодатель. С момента получения предмета лизинга все риски и расходы, связанные с содержанием, страхованием, эксплуатацией и техническим обслуживанием должен нести лизингополучатель; претензии, возникающие после передачи предмета лизинга лизингополучателю, должны предъявляться продавцу.

Отдельное отражение в законе должно найти положение о рисках и расходах по ремонту авиационной техники, которое должно быть отдельно оговорено также в договоре между лизингополучателем и лизингодателем. В настоящее время отсутствие такого рода положений, закрепленных на законодательном уровне, приводит к тому, что на практике часто возникают споры между участниками лизинговых операций, в которых каждая сторона руководствуется теми нормами, которые ей больше подходят. Учитывая высокую стоимость объектов лизинга в авиационной отрасли, проблема распределения ответственности является исключительно важной для участников лизинговой деятельности.

Важной нормой, которую предлагается включить в закон об авиационном лизинге, является предоставление участникам лизинговой деятельности государственных гарантий в отношении самолетов отечественного производства на срок до 10 лет на сумму не менее 85 % от стоимости воздушного судна.

Развитию международного финансового лизинга в России во многом препятствует негативное влияние таможенных барьеров. В настоящее время при ввозе иностранных воздушных судов государством взимается пошлина в размере 20 % от стоимости самолетов и НДС в размере 18 % от таможенной стоимости (с учетом пошлины). Таким образом, общий размер пошлины составляет более 40 %, что в денежном выражении является значительной величиной, учитывая высокую стоимость воздушных судов, и делает убыточной эксплуатацию даже самых эффективных самолетов при их ввозе на территорию Российской Федерации. В результате в настоящее время складывается ситуация, когда многие авиакомпании для минимизации расходов по уплате пошлин ввозят старые самолеты иностранного производства, что может негативно повлиять на безопасность авиаперелетов. Для решения проблемы, связанной с таможенными барьерами, необходимо предложить дифференцированный подход: по самолетам, которые в состоянии производить российская промышленность, сохранить пошлины в отношении ввоза их зарубежных аналогов и отменить пошлины на те типы иностранных самолетов, которые не имеют отечественных аналогов.

Одним из ключевых факторов, препятствующих быстрому решению проблемы, связанной с расширением авиапарка, является масштабность требуемых инвестиций. В этой ситуации российские авиапредприятия вынуждены искать новые подходы к финансированию инвестиций в основной капитал. Одним из наиболее эффективных механизмов, который играет важную роль в процессе обновления основных фондов авиационных предприятий, является лизинговое фи-

нансирование. Реальной альтернативы лизингу практически нет, поскольку ни одна авиакомпания не способна единовременно профинансировать производителю полную стоимость самолета.

Следующим важным фактором, сдерживающим развитие авиационного лизинга, является отсутствие в российской практике системы регистрации авиатехники, соответствующей международным стандартам. Наличие подобной системы могло бы способствовать минимизации финансовых рисков в мировом масштабе: кредитор, финансирующий приобретение авиационной техники в Российской Федерации, будет обеспечен международной гарантией, признаваемой в других странах. Снижение финансовых рисков, в свою очередь, привело бы к заметному улучшению условий лизинговых операций для российских лизингополучателей, сокращению размеров лизинговых платежей за самолеты, зарегистрированные в международном реестре. В качестве решения проблемы, связанной с регистрацией авиатехники, предложено участие России в системе международной регистрации воздушных судов, приведение в этой связи отечественного законодательства в соответствие с международным. Реализация данной меры приведет к тому, что все операции лизинга авиатехники будут регистрироваться и обеспечиваться международной гарантией. Это будет способствовать снижению рисков кредитных структур, страховых компаний и других организаций, участвующих в организации лизинга воздушных судов, и, следовательно, снизит стоимость лизингового финансирования. Международный реестр обеспечит открытость и прозрачность договоров купли-продажи, лизинга, страхования в рамках лизинговой сделки.

Успешное развитие лизинга в российской авиационной отрасли требует не только обобщения отечественной теории и практики лизинга, но и всестороннего анализа форм и методов организации лизинговой деятельности в зарубежных странах. Авиационный лизинг на Западе развивается в течение более чем 30-ти лет и предполагает использование значительного количества финансовых инструментов и механизмов, что позволяет авиакомпаниям расширять и модернизировать парк воздушных судов наиболее эффективно. Анализ зарубежного опыта лизинговых операций в авиационной отрасли позволил сделать вывод, что эффективность лизинга как способа приобретения авиатехники напрямую зависит от грамотного управления остаточной стоимостью объектов лизинга. Последнее достигается при выполнении следующих основных условий:

– наличие высокого спроса на самолеты со стороны авиакомпаний;

– существование широкой клиентской базы, что позволяет в течение длительного времени поддерживать высокую остаточную стоимость самолетов;

– наличие значительных финансовых ресурсов у лизинговых компаний, позволяющих наращивать капитализацию и инвестировать средства в капиталоемкие активы для составления сбалансированного портфеля самолетов.

Большой интерес для успешного развития лизинга в российской авиационной отрасли представляет использование секьюритизации лизинговых сделок. Предложенный в работе механизм секьюритизации лизинга самолетов путем выпуска ценных бумаг, обеспеченных передаваемыми в лизинг активами, даст возможность лизинговой компании привлекать финансовые активы на более выгодных условиях по сравнению с банковскими кредитами, что, в свою очередь, благоприятно скажется на условиях лизинга, предоставляемых авиакомпаниям. Использование механизма секьюритизации позволит повысить ликвидность лизингового рынка в России и будет способствовать привлечению средств как российских, так и международных инвесторов.

Проблема обновления самолетного парка за счет приобретения самолетов нового поколения связана не только с нехваткой финансовых ресурсов у авиакомпаний, эксплуатирующих старую авиатехнику, но и с отсутствием надежных и отлаженных схем финансового лизинга. Данные схемы, в первую очередь, должны учитывать эксплуатационные характеристики самолетов, специфику различных рынков пассажирских авиаперевозок, экономические преимущества новых самолетов перед старыми, льготы лизингополучателям со стороны государства.

В связи с высокими темпами роста на авиатопливо и использованием отечественными авиакомпаниями преимущественно устаревшей техники, доля расходов на закупку топлива в общей структуре расходов авиакомпаний составляет 30–50 % от совокупных издержек по сравнению с 26 % у иностранных перевозчиков. Единый метод ценообразования на топливо отсутствует из-за монопольного положения продавцов на многих региональных аэродромах. К тому же, отсутствует возможность хеджирования рисков роста цен по причине отсутствия внутренних инструментов.

Требуют усовершенствования и аэропортовые сети. В России 330 аэропортов, 69 из которых являются международными. Искусственным покрытием обеспечено лишь 59 % взлетно-посадочных полос. Многие комплексы не готовы к приему современных самолетов, технический уровень не позволяет ускорить процесс приема и отправки лайнеров. По оценкам ФАВТ, из-за полного или сезонного закрытия аэропортов круглогодичного доступа к авиаперелетам лишаются около 12 млн человек.

Еще одна проблема российских авиакомпаний – это кадровый дефицит. На сегодняшний день около 30 % летного состава – работники старше 50 лет. Уровень подготовки молодых кадров ежегодно сокращается, что вводит авиакомпании в дополнительные расходы на обучение. Законодательство запрещает принимать на работу иностранных летчиков.

К тому же, улучшения требует слабая статистическая база по дефолтам, уровням реальной инфляции, кредитной истории заемщиков и рыночной стоимости активов. Определенные трудности связаны с высокими темпами роста операционных расходов (аренда офиса, зарплата сотрудников, внедрение комплексной информационной системы).

Основываясь на более чем десятилетнем опыте российского авиационного лизинга, можно утверждать, что только при активном участии государства использование механизма лизинга дает возможность

осуществить обновление парка авиатехники и обеспечить устойчивое развитие авиакомпаний. Государственное регулирование лизинговой деятельности в авиационной отрасли должно быть направлено на поддержку российских авиакомпаний и производителей авиатехники, использующих механизмы лизинга воздушных судов. Эффективная государственная поддержка лизинговой деятельности даст возможность авиакомпаниям приобретать российские самолеты нового поколения (Ил-96, Ту-204, региональные самолеты RRJ), что обеспечит поддержку отечественным производителям.

A. V. Glukhov

EXTERNAL ECONOMIC FACTORS AFFECTING THE REFILL OF RUSSIAN AIRCOMPANIES' AIRCRAFT PARK

The analysis of factors, slowing down aviation leasing development in Russian Federation, is carried out. The proposals for its development, such as differentiated approach to establishing customs duties, decreasing financial risks, securitizing leasing transactions, improving airport nets and others, are formulated.

УДК 001(063)+62(063); 658.001.76.12.4(075.8)

К. Т. Джурабаев, А. Б. Клавсуц, И. Л. Клавсуц, В. А. Лоншаков

СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассматривается проблема управления инновационной деятельностью предприятия как сложной динамической системой взаимодействия методов, факторов и органов управления, занимающихся научными исследованиями, созданием новых видов продукции, совершенствованием оборудования и предметов труда, технологических процессов и форм организации производства на основе новейших достижений науки, техники и требующей совершенствования экономических рычагов и стимулов, разработки системы мер по регулированию комплекса взаимообусловленных мероприятий, направленных на ускорение интенсивного развития НТП и повышение его социально-экономической эффективности на основе предложенного алгоритма разработки стратегии инновационного управления предприятием.

Актуальность инновационного управления как подсистемы стратегического управления предприятием, которая осуществляет весь комплекс конкретных работ профессиональной деятельности по стратегическому анализу, развитию, реализации и контролингу стратегии предприятия очевидна. В последние годы специалисты отмечают рост числа российских предприятий, в том числе средних и малых, заинтересованных в разработке стратегий инновационного управления. Подавляющее число наиболее успешных предприятий считают наличие стратегического планирования в системе управления необходимым условием развития, в то время как среди наименее успешных таких лишь около 20 %. Стоит признать, что Россия в современном мире относится к развивающимся странам. Для руководителей предприятий, действующих в странах с развивающейся экономикой, характерен спонтанный подход к принятию решений, касающихся создания, развития бизнеса, а также управления им [1].

Так, например, в промышленности, согласно исследованиям ЦЭМИ РАН по данным на конец 2006 г., лишь 12 % респондентов считали разработку стратегии инновационного управления предприятием ненужной, на 56,3 % предприятий такая разработка уже велась, а 29,1 % предприятий планировали ее начать [2; 3].

При этом наблюдается зависимость между характеристикой экономического состояния предприятий и показателем отношения его руководства к разработке стратегии инновационного управления предприятием (рис. 1).

Определим стратегию инновационного управления предприятие как общий комплексный план инновационного развития предприятия, обеспечивающий осуществление миссии и достижение стратегических целей предприятия. Стратегия инновационного управления определяет границы возможных действий предприятия и принимаемых управленческих решений в зависимости от конкретных условий производственно-хозяйственной деятельности. Таким образом, стратегическое инновационное управление – процесс, определяющий последовательность действий предприятия по разработке и реализации стратегии инновационного управления, включающий постановку целей, выработку стратегии, определение необходимых ресурсов и поддержание взаимоотношений с внешней средой, которые позволяют предприятию добиваться поставленных задач.

Предприятия растут параллельно с ростом потребительского спроса, однако, при их росте начинает сказываться так называемый эффект масштаба [4]. Неконтролируемый рост предприятия без наличия определенного «вектора развития инновационной деятельности» делает его плохо управляемым, приводит к увеличению себестоимости и снижению качества продукции, что в итоге снижает конкурентоспособность [1; 5]. В данной ситуации предприятия начинают бороться с издержками, снижают затраты.

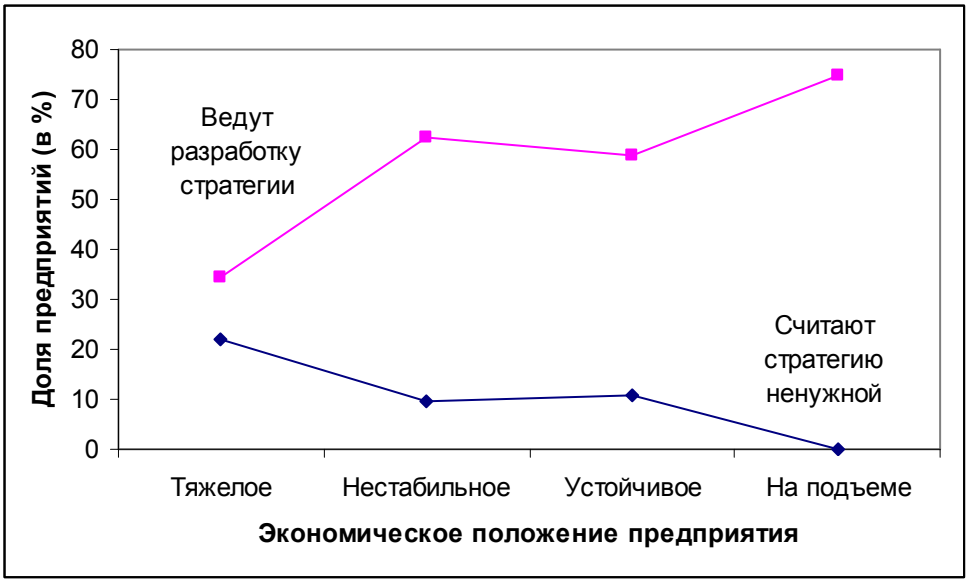


Рис. 1. Распределение предприятий разных групп по отношению к разработке стратегии инновационного управления предприятием (в %)

Разделить обоснованные статьи затрат от необоснованных можно только соотнеся их со стратегией предприятия. Кроме того, если предприятие постоянно растет и увеличивается количество сотрудников, возникает информационный вакуум. В такой ситуации потребность в стратегии, донесенной до каждого сотрудника, становится насущной [6].

Понятие «инновации» в различных областях различаются. Например, при производстве продукта – это модернизация и реконструкция производства, диверсификация производства продукта и пр. А инновации во внутренней среде – это поиск резервов. Различен и эффект от разных видов инновационной деятельности. Поэтому в литературе существует множество формулировок терминов «инновации». По нашему мнению инновации – это новшества в деятельности предприятия, которые направлены на успех бизнеса. Так как деятельность предприятия многогранна, то и инновационная деятельность базируется на широком арсенале возможностей и зависит от потребностей, ресурсов, ограничений и непосредственно стратегии инновационной деятельности. Выскажем некоторые соображения по стратегиям инновационной деятельности предприятия только в области производства товара (см. таблицу).

Инновации в области производства

Стратегии	Пути реализации (принципы)
Применение новой техники и технологии	Глобализация поиска инноваций и их оценка
Модернизация и реконструкция существующего оборудования	1. Компьютеризация управления 2. Замена устаревшего оборудования
Диверсификация товара	1. Развитие новых технологий 2. Выпуск нового товара

Определим требования к разработке стратегии инновационного управления предприятием. Стратегия инновационного управления предприятием представляется в виде генеральной программы развития, определяющей приоритеты стратегических задач, методы привлечения и распределения ресурсов и последовательность шагов по достижению стратегических целей и в наибольшей степени соответствующая текущему состоянию внешней и внутренней среды предприятия. В основе стратегического планирования, как функции стратегического управления должен лежать принцип: планирование «от образа будущего бизнес-успеха к настоящему и снова – к будущему», а не «от прошлого к будущему».

Основные требования к разработке стратегии инновационного управления предприятие: ментальная правильность, ситуационность, гибкая адекватность, уникальность [7].

Позиционирование предприятия в отрасли – это важнейший элемент стратегии инновационного управления и часть миссии предприятия. Для решения проблемы позиционирования М. Портером предложена концепция «системы создания ценности». При разработке и анализе системы ценности, предприятие решает две основные задачи. Первая связана с выбором архитектуры системы ценности, т. е. определения этапов, необходимых для превращения исходные составляющих в конечный продукт, причем для одного и того же продукта могут быть разработаны варианты системы ценности в зависимости от используемых технологий производства, а также других инновационных факторов. Вторая вызвана необходимостью выбора направлений деятельности предприятия: чем заниматься самостоятельно, а что отдать на аутсорсинг, т. е. какие виды деятельности в контексте разработанной архитектуры системы ценности предприятие будет осуществлять самостоятельно, а какие пере-

даст для выполнения поставщикам, партнерам, заказчикам [8].

Авторами предлагается алгоритм разработки стратегии инновационного управления предприятием. Прежде всего, следует отметить, что процесс разработки стратегии инновационного управления является системным и итерационным, т. е. результат выполнения какого-либо этапа может выявить необходимость частичного пересмотра предыдущих этапов.

Первым этапом разработки стратегии инновационного управления является формулировка так называемой «миссии-видения», т. е. первичного варианта миссии предприятия. Миссия-видение включает в себя такие элементы как: стратегические цели; провозглашение ценностей и убеждений; описание продуктов, которые предприятие будет производить, или потребностей, которые оно собирается удовлетворять; рынок, на котором предприятие позиционируется; способы выхода на свой рынок; ключевые технологии, которые будут использоваться; стратегические принципы развития и финансирования [7].

Предлагается следующий алгоритм разработки стратегии инновационного управления предприятием (рис. 2).

Определение миссии-видения является первым шагом в разработке стратегии инновационного управления предприятием и его основой. В результате последовательных итераций процесса проведения всех представленных на рис. 2 анализов – финансово-экономического, инвестиционного, многофакторного системного стратегического – миссия-видение корректируется, дополняется, что является по сути процессом разработки миссии, стратегических приоритетов и целей предприятия. Практический опыт показывает, что таких итераций бывает не менее двенадцати. При этом целью этапов 2, 3, 4 (рис. 2) является подготовка исходной информации для многофакторного системного стратегического анализа внешней и внутренней среды организации – этап 5.

Внешняя среда инновационного предприятия, характеризуется постоянным нарастанием факторов сложности и неопределенности, следовательно, стратегический анализ такой среды должен быть адекватно многофакторным, системным и высокопрофессиональным. Многофакторный системный стратегический анализ предприятия предполагает комплексное изучение трех частей среды организации: макроокружения (дальняя внешняя среда); непосредственного окружения (ближняя внешняя среда); внутренней среды.

Стратегический анализ следует начинать с исследования ближней внешней среды, т. е. непосредственного окружения предприятия, которое предлагается рассматривать как своеобразный особый ресурс предприятия, включающий рынок рабочей силы (человеческий ресурс) – предмет инновационной стратегии управления персоналом организации; рынок капитала (финансовый ресурс) – предмет инновационной финансовой стратегии; рынок технологий (технологический ресурс) предмет инновационной технологической стратегии; рынок поставщиков комплектующих (ресурс кооперации) – предмет инновационной производственной стратегии; рынок всех других факторов предприятия (системный ресурс инновационных факторов бизнеса). Ближняя внешняя среда включает потребителей, изучение которых важная задача инновационного управления предприятием и конкурентов, как объект исследования инновационной продуктово-маркетинговой стратегии.

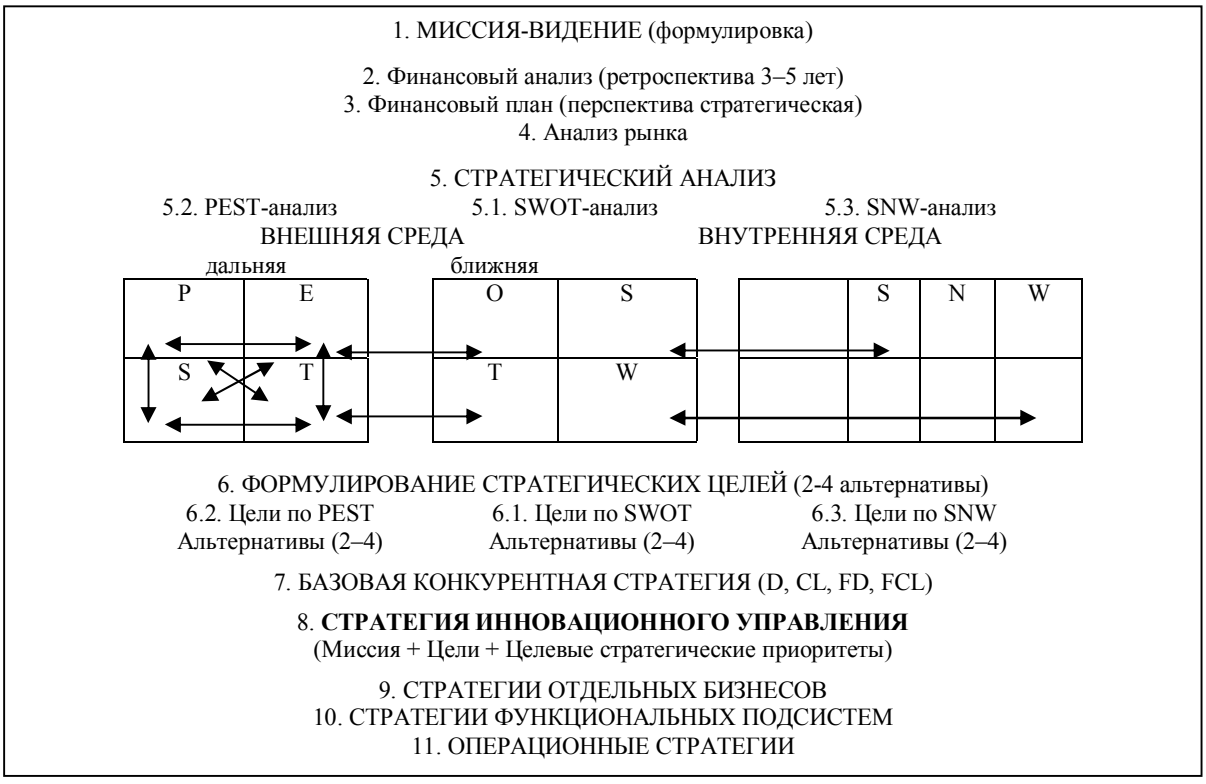


Рис. 2. Алгоритм разработки стратегии инновационного управления предприятием

На этапе 5 в первую очередь производится стратегический анализ ближней внешней среды. И исходным методом является SWOT-анализ. При проведении SWOT-анализа (рис. 2, п. 5.1) необходимо придерживаться следующих принципов: в первую очередь анализируются внешние возможности и угрозы, затем – сильные и слабые стороны предприятия; анализ сильных и слабых сторон предприятия желательно увязывать с внешними возможностями и угрозами.

Для исследования дальней внешней среды применяется PEST-анализ (рис. 2, п. 5.2), который из бесчисленного множества факторов, характеризующих воздействие внешней среды на предприятие, выделяет четыре основные группы: P – Policy – политические факторы; E – Economy – экономические факторы; S – Society – социальные факторы; T – Technology – технологические факторы. Стратегический анализ каждой из четырех компонент должен быть системным, так как в реальности все эти компоненты тесным и сложным образом взаимосвязаны и то или иное значимое изменение любого из указанных четырех факторов, как правило, влечет за собой сложную цепочку изменений по всем другим факторам. Такие изменения для предприятия могут являться либо угрозой, либо новой стратегической возможностью. Связь PEST- и SWOT-анализов представлена на рис. 2.

Отдельные факторы дальней внешней среды на разные предприятия оказывают разное воздействие. При этом считается общепризнанным, что крупные предприятия от дальней внешней среды зависят больше, чем мелкие.

Стратегический анализ внутренней среды следует за анализом внешней среды предприятия и также является многофакторным и системным, при этом соответствующий инновационный потенциал предприятия рассматривается как его внутренний стратегический ресурс. Для стратегического анализа внутренней среды организации применим SNW-подход (рис. 2, п. 5.3). SNW-анализ сохраняет все, что связано со SWOT-анализом в части «SW», но при этом еще добавляется особая нейтральная N-позиция, фиксирующая ситуационное среднерыночное состояние предприятия. Таким образом, определяется своеобразная «нулевая точка конкуренции предприятия в отрасли». Для победы в конкурентной борьбе достаточным может оказаться состояние, когда предприятие относительно всех своих конкурентов по всем, кроме одной ключевым позициям находится в состоянии N (нейтральном) и только по одной позиции – в состоянии S (сильная).

По результатам стратегического анализа внешней и внутренней среды разрабатывается от двух до четырех альтернативных стратегий инновационного управления предприятием, которые включают: стратегические цели и стратегические целевые приоритеты в рамках отдельного сценария развития, направленные на реализацию миссии предприятия (рис. 2, этапы 6, 7, 8). Сценарное планирование – особый инструмент стратегического инновационного управления, с помощью которого предсказываются несколько существенно разных, но одинаково возможных для предприятия вариантов (альтернатив) его будущего развития.

Выбор базовой конкурентной стратегии (БКС) – 7 этап разработки стратегии инновационного управления предприятием – характеризуется видом конкурентного преимущества предприятия, которым может являться либо лидерство по издержкам, либо дифференциация, и рыночной сферой – это либо вся рыночная ниша, либо фокусирование на определенном сегменте. Существует четыре БКС: CL – Cost Leadership – лидерство по издержкам; D – Differentiation – дифференциация; FCL – Focus Cost Leadership – фокусированное лидерство по издержкам; FD – Focus Differentiation – фокусированная дифференциация. В идеале конкретная БКС должна определяться для каждой позиции продуктово-маркетинговой программы предприятия. При этом следует отметить, что одна из самых больших стратегических ошибок предприятия – это стремление использовать несколько базовых конкурентных стратегий одновременно, так как по существу указанные БКС являются альтернативными [8].

Для адекватного распределения ключевых ресурсов предприятия в процессе разработки стратегии инновационного управления рекомендуется ранжировать стратегические цели, сформулированные на этапе 6 (рис. 2), используя следующую систему приоритетов: оптимальная концентрация, достаточный минимум, остаточный принцип. В результате аналитического соединения принятой системы приоритетов с установленными стратегическими целями получается система стратегических целевых приоритетов предприятия, что является программой конкретных действий.

Стратегии отдельных бизнесов, функциональных подсистем и операционные стратегии (рис. 2, этапы 9, 10, 11) конкретизируют стратегию инновационного управления предприятием.

Сформулируем ряд рекомендаций, направленных на повышение эффективности реализации стратегии инновационного управления предприятием.

Баланс интересов заинтересованных сторон. Этот принцип основан на допущении, что эффективный учет интересов различных участников корпоративных отношений обеспечивает привлечение в корпорацию наиболее полезных ресурсов, что в конечном счете обеспечивает повышение ее конкурентоспособности [8].

Создание самоуправляемой организации, ориентированной на развитие. Для успешной реализации стратегии инновационного управления предприятием требуется не только выявление возможностей для получения конкурентного преимущества на рынке, но и создания организации, способной использовать эти возможности и достичь обозначенных стратегических целей. Реакция на изменения внешней среды предполагает адекватные изменения и на самом предприятии.

Процесс проводимых организационных изменений может основываться на двух полярных подходах. Первый – «изменения сверху вниз». Создание структур и систем. Высокая централизация управления, без привлечения сотрудников и менеджеров более низкого уровня в процесс выработки решений. Второй – «изменения снизу вверх». Ориентация на обучение, развитие и вовлечение сотрудников в процесс принятия решений. Децентрализация управления. Авторы считают, что лидерство «сверху вниз» является разумным подходом к управлению изменениями в про-

цессе реализации инновационной стратегии, когда предприятие имеет проблемы, способные привести к кризису. Лишь руководитель предприятия может принять правильное решение в кризисной ситуации, где время является ключевым ограничением. В остальных случаях второй подход «снизу вверх» более прогрессивен, так как он формирует самоуправляемую организацию, способную самостоятельно, вовремя и быстро реагировать на изменения внешней среды и стратегических целей. Организационные изменения в процессе реализации инновационной стратегии требуют от менеджмента вовлечения сотрудников, для того чтобы новые структура и системы не встречали сопротивления. Организации, в сущности, постоянно меняются в результате продолжительных локальных экспериментов, почему бы не расширить эту естественную динамику, поощряя эксперименты на локальном уровне и используя их для продвижения знаний во всей организации. Задача руководителей – создать этому необходимые условия, поощряя и вовлекая всех сотрудников. Для успеха данного подхода необходимо, во-первых, чтобы было понимание и признание стратегии инновационного управления руководством и сотрудниками предприятия. А во-вторых, необходимо, чтобы менеджеры и сотрудники предприятия были способны принимать адекватные управленческие решения и нести за них ответственность. Ведь переход от более авторитарного управления на предприятии к менее авторитарному, напоминает процесс демократизации общества в миниатюре. Необходимо соответствующим образом менять стереотипы поведения и мышления сотрудников, т. е. формировать корпоративную культуру.

Переход от функциональной ориентации управления к процессной. Важную роль в решении задачи реализации стратегии инновационного управления предприятием имеет переход от функциональной ориентации управления к процессной, так как характерной чертой российских предприятий, по мнению авторов, является функциональный подход. При этом отсутствие формальной документации процессов и четкого разделения ответственности, а также наличие сложных организационных иерархий затрудняет реализацию стратегии инновационного управления предприятием. В современных условиях решение подобных проблем является жизненно важным. В то время как функциональная структура предприятия представляет собой разделение системы на подсистемы по принципу разделения труда (отделы, подразделения, должности), организация процессов – это инструмент координации работы функциональных подсистем, разных видов деятельности, входящих в систему ценности предприятия, а также интегрирования системы ценности предприятия с системами ценности поставщиков, заказчиков и других партнеров.

Фокусирование организации на процессах, а не на структуре, является важным шагом в преобразовании традиционных российских предприятий, организованных таким образом, что в них существуют функциональные границы, разделяющие отдельные направления: исследования и разработки, продажи, маркетинг, производство, что привело к локальной оптимизации и усовершенствованию функциональных областей. Однако вследствие такой оптимизации отошел на задний план общий контекст производственных функций предприятия. Чем автономнее становятся функциональные области, тем выше расходы на согласование и координацию между ними.

Процессное ориентирование позволит российским предприятиям сместить полномочия на более низкие уровни управленческой иерархии, что приведет к большей свободе действий и одновременно к повышению степени ответственности рядовых сотрудников. За счет слияния функционально раздельных, но с точки зрения процессов взаимосвязанных операций, сотрудники получат более четкое представление об их основной и смежной ответственности, что повысит эффективность организации в целом, и создаст необходимые механизмы мотивации сотрудников, принимающих на себя дополнительную ответственность за реализацию стратегии инновационного управления предприятием.

Таким образом:

– современная экономика динамична. Рынки постоянно меняются, взаимоотношения строятся на новых принципах. Все это говорит о том, что базовым положением успеха деятельности предприятия являются инновации;

– основой деятельности предприятия является стратегический менеджмент. Типовые стратегии бизнеса, конкуренции, маркетинга, включают в себя инновации как главное звено стратегии;

– области инновационной деятельности можно свести к следующим разрядам: инновации в производстве продукта; инновации в конкурентных отношениях; инновации в маркетинге; инновации в менеджменте; инновации во внешней среде; инновации во внутренней среде;

– глобализация является основой инновационной деятельности. Новшества генерируются в мировом масштабе, и ориентация на внутренние возможности может быть ошибочна;

– моделирование инновационного процесса осуществляется на основе системного подхода. Системный подход является методологическим принципом процесса разработки и реализации стратегии инновационного управления предприятием;

– современное производство и инновации – неразрывное единство. В области организации инновационной деятельности предприятия: разработке и реализации стратегии инновационного управления предприятием имеется большая необходимость научных и прикладных разработок.

Библиографический список

1. Джурабаев, К. Т. Проблемы современной организации промышленных предприятий : монография / К. Т. Джурабаев, А. Т. Гришин А. Т. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. 380 с.

2. Кузьменко, И. Стратегическая болезнь / И. Кузьменко // Секрет фирмы. 2004. № 38.

3. Клейнер, Г. Экономическое состояние и институциональное окружение российских промышленных предприятий: эмпирический анализ взаимосвязей /

Г. Клейнер, Р. Качалов, Е. Сушко // Вопросы экономики. 2005. № 9.

4. Белковский, А. Н. Конкурентная стратегия современных компаний (точка зрения Майкла Портера) / А. Н. Белковский // Менеджмент в России и за рубежом. 2004. № 4.

5. Письмаров, А. Как оценивать эффективность работы компании / А. Письмаров // Генеральный директор. 2006. № 2.

6. Капацинский, М. Разработка стратегии: практический опыт / М. Карацинский // Генеральный директор. 2006. № 4.

7. Попов, С. А. Стратегический менеджмент: видение – важнее, чем знание / С. А. Попов. М. : Дело, 2003. 437 с.

8. Портер, М. Курс MBA по стратегическому менеджменту / М. Портер, Д. Самплер, С. Прахалад. М. : Альпина Бизнес Букс. 2004. 563 с.

K. T. Dgurabaev, A. B. Klavsuts, I. L. Klavsuts, V. A. Lonshakov

STRATEGY OF INNOVATIVE MANAGEMENT IN ENTERPRISE

The problem of management innovative activity in the enterprise as complex dynamic system interaction methods, factors and controls of scientific researches, creation new kinds of production, new equipment and subjects of work, technological processes and forms of the manufacture organization on basis of offered development algorithm of strategy in innovative management in enterprise

---

УДК 65.011.8

Л. В. Ерыгина, Е. Н. Постригань

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Представлены инструменты и методы стратегического планирования инновационного развития на предприятиях ракетно-космической промышленности, предусматривающие управление на основе предвидения. Рассмотренная методика основана на использовании показателей перспективности и реализуемости инновационной технологии для выбора стратегии ее развития.

Отечественная ракетно-космическая промышленность (РКП), сформированная в условиях жесткого государственного управления и планирования, обеспечила в течение 60–80-х гг, прошлого столетия решение актуальных для страны задач обороноспособности, исследования и практического освоения космического пространства. До 90-х гг. доля правительственных заказов в космической деятельности составляла не менее 1 % ВВП, что обеспечило мировое лидерство страны в таких направлениях космической деятельности, как пилотируемая космонавтика (ближний космос), средства выведения, космическая навигация, геодезия и картография, космические технологии, исследование космического пространства, межпланетные автоматические станции, космическая медицина и др. За последние двадцать лет все изменилось с точностью до наоборот: мировое лидерство практически по всем направлениям космической деятельности перешло к США и странам Европы. Сегодня на повестке дня реально стоит вопрос: «Останется ли страна космической державой?». На сложившемся мировом космическом рынке доля России составляет приблизительно 1 %. В космической промышленности возникла принципиально новая ситуация: отрасль в значительной мере включена в сферу рыночной экономики (на коммерческой основе выполняется до 70 % работ по «гражданскому» космосу), меняются критерии ее эффективности на уровне государства, региона и отдельных предприятий, поскольку они теперь должны учитывать степень удовлетворения социальных потребностей общества (условия занятости, уровень оплаты труда, обеспеченность социальной инфраструктурой, экологию и т. д.) [1; 2] .

Чтобы выстоять в конкурентной борьбе, предприятия РКП должны включиться в процесс интенсивного развития, который заключается в широком использовании инновационного потенциала, активизации инновационной деятельности и усилении доминанты конкурентных преимуществ. Именно эти предприятия обладают способностью создавать и воспринимать новшества. РКП была и остается высокотехнологичным, многопрофильным, научно-производственным комплексом российской экономики, производящим продукты не просто конкурентоспособные на внешнем рынке, но и часто превосходящие западные аналоги. В связи с этим стратегической целью предприятий РКП является обеспечение интенсивного инновационного развития. Достижение поставленной цели приводит к необходимости разрабатывать инструменты и методы управления и, прежде всего, планирования инновационного развития на предприятиях РКП, предусматривающие управление на основе предвидения, а также возможности принятия гибких экстренных решений [3].

Значительный вклад в разработку методов управления и планирования инновационным развитием предприятия внесла А. А Трифилова, описавшая в своей работе «Управление инновационным развитием предприятия» методику эффективного вовлечения новых технологий в хозяйственный оборот. При фор-

мировании стратегии инновационного развития она предложила использование критериев максимизации инновационных проектов (МИП-анализ), критериев оценки перспективности инновационных проектов (ПИП-анализ), критериев оценки реализуемости инновационных проектов (РИП-анализ) и критериев оценки распространяемости (диффузионности) инновационных проектов (ДИП-анализ). При этом она не предлагает применение данной методики к условиям конкретной отрасли, а рассматривает все на примере абстрактного объекта [4].

Вместе с тем, представляет интерес адаптации выдвинутых положений к условиям ракето-космической промышленности. Одной из важнейших особенностей предприятий РКП является то, что стадия научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ является основным этапом отработки изделий. На данном этапе должно обеспечиваться и подтверждаться соответствие достигнутого уровня надежности разрабатываемого или модернизированного изделия нормативным требованиям. На этом же этапе выявляются все основные слабые элементы конструкции, устанавливаются отдельные причины отказов. А проводимые в этот период мероприятия по повышению надежности должны быть взаимосвязанными как с технологией изготовления, так и со стратегией технического обслуживания и ремонта техники. В связи с этим значительное внимание должно уделяться выбору стратегии развития технологической инновации, что позволит предприятию своевременно обнаружить и использовать имеющиеся у него резервы в достижении поставленных целей. Для решения данной задачи и предлагается методика выбора стратегии развития технологической инновации на предприятиях ракетно-космической промышленности, основные этапы которой представлены на рис. 1.

На первом этапе определяется видение предприятия РКП, осуществляющего технологические инновации. Неслучайно этот этап поставлен в начало, поскольку именно видение определяет направление проведения технологической инновации на предприятии. Постановка других ориентиров, таких как миссия и цели, возможна после анализа факторов внешней и внутренней среды.

На втором и третьем этапах проводится анализ факторов внешней и внутренней среды предприятия. Их необходимо проанализировать и выявить самые важные, которые могут оказать существенное влияние на развитие технологических инноваций в будущем.

Необходимость осуществления этой стадии обусловлена особенностями функционирования предприятий ракетно-космической промышленности: производство летательных аппаратов возможно при наличии больших финансовых, материальных, трудовых ресурсов и развитой промышленности, оснащенной первоклассной техникой и организованной на основе глубокой специализации, кооперирования и концентрации производства; для осуществления научно-технического прогресса высокими темпами и частой смены конструкции летательных аппаратов ракето-космическая промышленность должна иметь специализированные научно-исследовательские институты и конструкторские бюро, располагающие мощными экспериментальными и производственными базами и высококвалифицированными научными и производственными кадрами; различные масштабы выпуска летательных аппаратов в мирное и военное время. В мирное время в условиях международной разрядки выпуск боевых летательных аппаратов может быть значительно сокращен, а высвобождающиеся при этом мощности использованы для увеличения выпуска гражданской продукции; широкое кооперирование предприятий РКП с предприятиями других отраслей промышленности. Это обусловлено тем, что в мирное время ракетно-космические предприятия оказывают большую помощь другим отраслям в изготовлении гражданской продукции, а в военное время используют мощности предприятий других отраслей для увеличения выпуска летательных аппаратов; параллельное существование внутри одного основного производства различных его типов. Один вид продукции изготовляется малыми сериями, другой – крупными сериями и третий, например, гражданская продукция, – в массовом количестве.

Такая разнотипность производства значительно усложняет его организацию, планирование и управление; необходимость сохранения высокой мобильности и маневренности ракетно-космического производства; размещение ракетно-космических предприятий с учетом экономических и стратегических факторов.

На четвертом этапе происходит формирование ориентиров предприятия (миссии, целей), связанных с разработкой и осуществлением технологических инноваций. Ориентиры могут содержать в себе конкретный набор как количественных, так и качественных показателей.

Пятый этап характеризуется осуществлением классификации технологий, поскольку основополагающим элементом в технологической инновации является технология.

Проведение типизации технологий по признакам, отвечающим условиям и целям осуществления инновационной деятельности на предприятиях РКП, будет иметь существенное значение для выбора форм и методов освоения нововведений. Важным этапом типизации технологий является их классификация по ряду основополагающих признаков [3].

Наметившаяся в РКП тенденция интеграции, связанная с созданием крупных интегрированных структур приводит к необходимости построения устойчивых диверсифицированных компаний и корпораций, привлекательных для инвесторов. В связи с этим, инновации реализуются не только как монопроекты, но и как мульти- и мегапроекты, что обуславливает введение такого классификационного признака как масштаб решаемых задач.

Нельзя не учитывать, что почти половина выпускаемой промышленностью продукции имеет гражданское назначение, а значительная доля НИОКР имеет двойное назначение. При этом финансирование осуществляется как из бюджетных, так и из внебюджетных источников. Поэтому при планировании инновационной деятельности необходимо выделять инновации различные по назначению (военные, конверсионные) и, соответственно, финансируемые из различных источников.

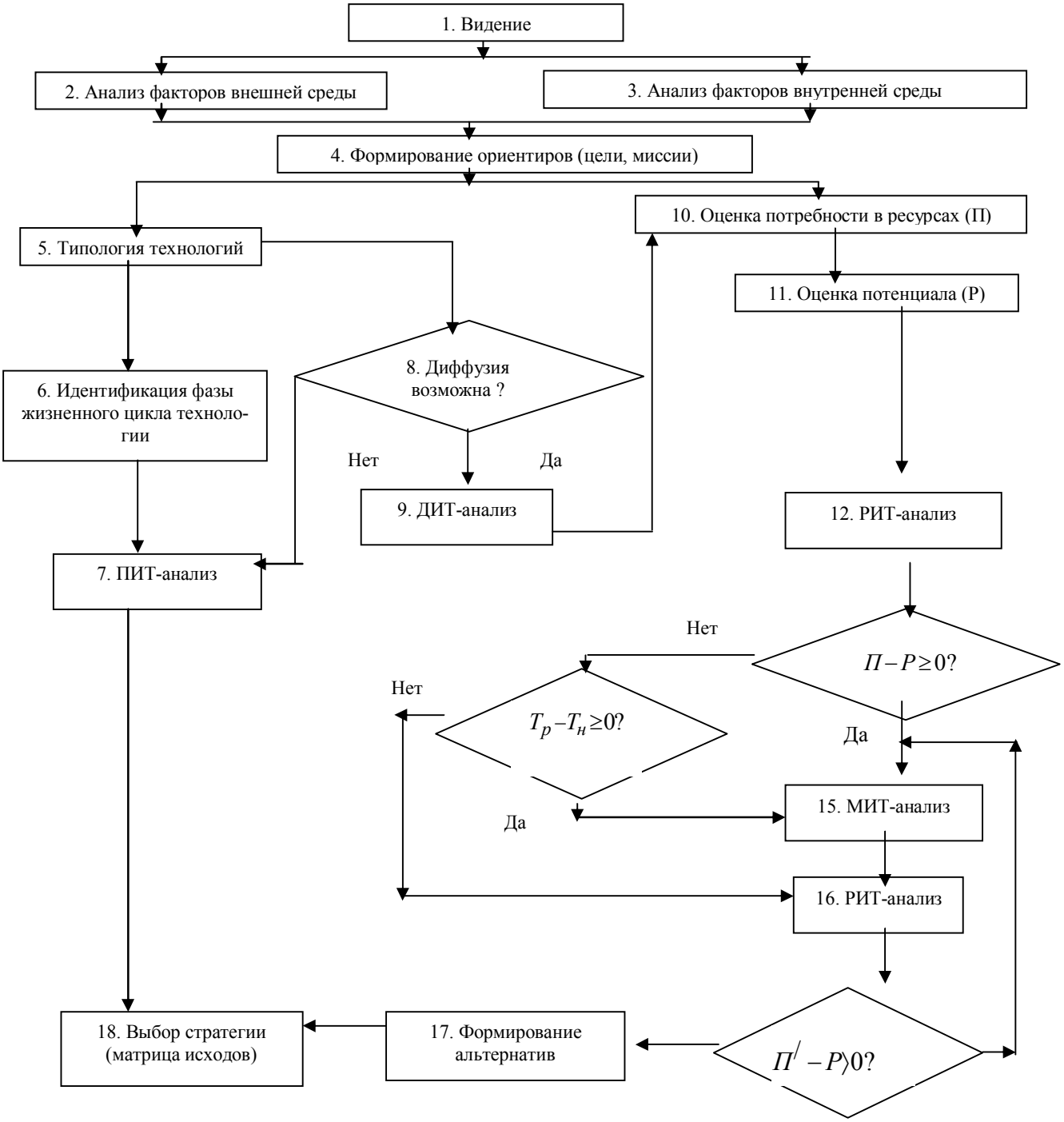


Рис. 1. Этапы методики выбора стратегии развития технологической инновации на предприятии РКП

Предмет и сфера приложения инноваций на предприятиях РКП в основном касается технологий и продуктов. Вместе с тем, необходимость восстановления экспортного потенциала РКП приводит к необходимости поиска и осуществления рыночных инноваций. Все вышеперечисленное позволяет обоснованно предложить следующие признаки типизации инновационных технологий: необходимость проведения фундаментальных исследований, доступность, возможность выполнять исследования собственными силами, наличие взаимосвязи, взаимозаменяемость, масштаб решаемых задач, источники финансирования, по назначению [3].

С целью идентификации типов технологий для осуществления инноваций ниже предлагается морфологическая матрица (табл. 1), содержащая классификационные признаки, отражающие перечисленные выше особенности реализации инновационных процессов.

Предложенная морфологическая матрица позволила с привлечением специалистов сформировать альтернативы, характеризующие типовые инновации. Деление инноваций на военные и конверсионные имеет существенное значение с точки зрения выбора форм и методов их освоения. Выделив, таким образом, наиболее значимые классификационные призна-

ки можно укрупнить представленные в таблице типы инноваций.

Шестой этап позволяет выявить соответствие между установленным типом технологии и стадией жизненного цикла данной технологии. Это важный этап в оценке потенциала технологических инноваций. Точная идентификация стадии жизненного цикла технологии позволяет перейти к оценке перспективности этой технологии.

Седьмой этап – оценка перспективности инновационной технологии, проведение ПИТ-анализа (*перспективность инновационной технологии*). Целью данного этапа является расчет показателей перспективности внедрения и использования конкретной технологической инновации. Риск недостаточной перспективности технологической инновации является немаловажным фактором при определении эффективности той или иной технологии [4].

Предприятиям РКП, осуществляющим технологические инновации, целесообразно оценить такие показатели как обеспечение выполнения заданий государственной программы развития отрасли; сохранение устойчивости по основному производству; сохранение устойчивости с учетом увеличения доли либо возникновения новых рынков за счет технологий двойного назначения; обеспечение планового уровня рентабельности по основному производству; обеспечение планового уровня рентабельности с учетом увеличения доли либо возникновения новых рынков за счет технологий двойного назначения; соответствие темпов роста требованиям рынка (программы развития); сохранение или обеспечение плановой структуры международной кооперации. При этом если устойчивость и рентабельность по основному производству малы или отсутствуют, но выполняются эти же показатели с учетом технологий двойного назначения, то технологическая инновация считается перспективной. Если устойчивость сохранена, но не достигнута плановая рентабельность, инновация имеет среднюю степень перспективности.

Критерии оценки перспективности технологической инновации на предприятиях РКП представлена в табл. 2.

На восьмом этапе необходимо оценить возможность диффузии технологической инновации, т. е. определить возможны ли дополнительные направления применения технологической инновации. Если на этот вопрос получаем отрицательный ответ, то происходит возврат в пункт семь. Если же диффузия возможна, то необходимо провести ДИТ-анализ (*диффузионность инновационной технологии*), а значит перейти к девятому этапу методики.

Девятый этап – ДИТ-анализ, или определение путей распространения технологической инновации и выявление возможностей максимального использования рыночных ниш с целью увеличения собственных доходов и сокращения до минимума риска копирования новинки конкурентами [4].

Таблица 1

Морфологическая матрица для идентификации типов технологий

Признак	Типы		
Необходимость фундаментальных исследований	Управляемые	Неуправляемые	
Доступность технологий	Доступные	Не доступные	
По составу этапов инновационного процесса	Инновации, включающие все этапы	Инновации, включающие ограниченное число этапов	
По назначению инновационной деятельности	Конверсионные	Гражданские,	Военные
Возможность выполнять исследования собственными силами	Привлеченные	Собственные	
Наличие взаимосвязи технологий	Взаимосвязанные,	Не взаимосвязанные	
Возможность замены	Заменяемые	Не заменяемые	
Источники финансирования	Государственное финансирование	Не государственное финансирование	

Таблица 2

Оценка перспективности технологической инновации на предприятиях РКП

Показатели	Альтернативы		
Обеспечение выполнения заданий государственной программы развития отрасли	> 1	> 1	> 1
Сохранение устойчивости по основному производству	> 1	< 1	< 1
Сохранение устойчивости с учетом увеличения доли либо возникновения новых рынков за счет технологий двойного назначения	> 1	> 1	> 1
Обеспечение планового уровня рентабельности по основному производству	> 1	> 1	< 1
Обеспечение планового уровня рентабельности с учетом увеличения доли либо возникновения новых рынков за счет технологий двойного назначения	> 1	> 1	> 1
Соответствие темпов роста требованиям рынка (программы развития)	> 1	> 1	> 1
Сохранение или обеспечение плановой структуры международной кооперации	> 1	> 1	> 1
Состояние	Высоко-перспективная	Средне-перспективная	Средне-перспективная

На десятом этапе происходит оценка потребности в ресурсах (П). Этот этап является основополагающим этапом в оценке реализуемости технологической инновации, поскольку именно ресурсообеспеченность предприятия является отправной точкой в определении потенциала предприятия.

Одиннадцатый этап – оценка инновационного потенциала предприятия (Р). Целью этого этапа является комплексная оценка возможностей предприятия в реализации технологической инновации. В первую очередь оцениваются возможности предприятия с позиции уже имеющихся ресурсов и вероятности привлечения ресурсов со стороны.

На двенадцатом этапе осуществляется оценка реализуемости технологической инновации РИТ-анализ (реализуемость инновационной технологии). РИТ-анализ позволяет выявить риск низкого инновационного потенциала и определить размер соответствия имеющихся экономических ресурсов и необходимых инвестиционных затрат для реализации технологической инновации [4].

На тринадцатом этапе происходит сравнение потенциала предприятия и его потребности в ресурсах для реализации инновационной технологии. Если потенциал выше, чем потребность, т. е. соотношение $П - Р \rangle 0$, то следующим этапом будет МИТ-анализ. Если же выяснится, что потребности предприятия в ресурсах выше, чем его возможности, и соотношение $П - Р \langle 0$, то необходимо осуществить проверку соответствия срока реализации инновационной технологии нормативному сроку, установленному проектом внедрения данной технологии, т. е. перейти к этапу 14.

Превышение срока реализации данной технологии над нормативным (этап 14) является основанием для проведения МИТ-анализа. Это значит, что необходим переход на следующий этап методики (этап 15). Если все-таки удастся сохранить проектные (нормативные) параметры срока реализации технологии ($T_р - T_н \langle 0$), то следующим шагом будет переход к РИТ-анализу (этап 16).

На пятнадцатом этапе выявляется возможность сокращения времени внедрения инновационной технологии для избежания риска запоздалого выхода на рынок. Оценка такой возможности осуществляется с помощью МИТ-анализа (минимизация времени внедрения инновационной технологии, или минимизация инновационной технологии). Возможность сокращения времени внедрения технологии можно минимизировать путем увеличения количества привлекаемых трудовых ресурсов и высококвалифицированных кадров. Однако это потребует увеличения расходов на оплату труда [4]. Эти расходы могут быть компенсированы сокращением срока внедрения технологи, а значит более ранним получением прибыли.

Шестнадцатый этап – РИТ-анализ. Анализ реализуемости инновационной технологии, но уже с учетом пересмотренных возможностей и времени реализации проекта внедрения данной технологии. Цель проведения этого анализа та же, что и на двенадцатом этапе – выявление риска низкого инновационного потенциала и определение размера соответствия имеющихся экономических ресурсов и необходимых инвестиционных затрат для реализации технологической инновации.

На семнадцатом этапе при получении положительного результата от сравнения пересмотренных потребностей и возможностей происходит переход к 18 этапу – выбору стратегии развития технологической инновации. Если же потенциал предприятия не удовлетворяет потребностям, то необходимо вернуться к этапу 15, с целью поиска путей минимизации инновационной технологии.

Восемнадцатый этап характеризуется формированием матрицы стратегий развития технологической инновации. В качестве параметров этой матрицы выделяются перспективность (по вертикали) и реализуемость технологической инновации (по горизонтали) (рис. 2).

Охарактеризуем каждый вариант стратегии по квадрантам матрицы.

Квадрант 1. Высокий уровень ресурсной обеспеченности предприятия (реализуемости), но при этом отсутствие перспективы использования рассматриваемой технологии заставляет предприятие вести поиск новых технологий. Стратегия предприятия должна быть направлена на инвестирование средств в перспективные технологические инновации.

Уровень перспективности			
высокий	Квадрант 2	Квадрант 3	
	У предприятия есть ресурсы и средства реализации технологии, а сама технология высоко-перспективна	У предприятия не хватает ресурсов и средств для реализации технологии, но сама технология высоко перспективна	
низкий	Квадрант 1	Квадрант 4	
	У предприятия есть ресурсы и средства реализации технологии, но перспективы у технологии нет	У предприятия не хватает ресурсов и средств для реализации технологии, и сама технология имеет низкую перспективу	
	высокий	низкий	

Уровень реализуемости технологической инновации

Рис. 2. Матрица выбора стратегии развития технологической инновации на предприятии РКП

У предприятия есть шансы попасть в квадранты 2 и 3 при жестком контроле инвестиций. Некачественный контроль и неэффективное использование ресурсов может выбросить предприятие в квадрант 4.

Квадрант 2. Позиция лидера. Предприятие эффективно использует имеющиеся у него ресурсы, вкладывая их в высокоперспективные технологические инновации. Стратегия в этом случае должна быть направлена на сохранение позиций и переход к модифицированным технологиям, имеющим еще более высокий уровень перспективности. Вероятность попадания в квадранты 2, 3 и 4 не велика. Но все же установить жесткий контроль за направлением инвестиций следует.

Квадрант 3. Низкий уровень ресурсной обеспеченности и высокий уровень перспективности внедряемой (используемой) технологии вынуждает предприятие избрать путь последователя. Стратегия должна быть направлена не на разработку технологической инновации, а на использование имеющегося опыта предприятий РКП. Это позволит предприятию, минуя дорогостоящие стадии инновационного процесса исследовательскую и опытно-конструкторскую, перейти к производственной стадии, повысив тем самым эффективность используемых ресурсов. Есть риск попасть в квадрант 4, если предприятие ошибется с выбором технологии. С целью избегания этого риска необходимо, чтобы стратегия содержала конкретные критерии отбора технологических инноваций.

Квадрант 4. Низкий уровень ресурсной обеспеченности и бесперспективность рассматриваемой (используемой) технологии вынуждает предприятие уходить с рынка или заниматься диверсификацией продукции. И уход с рынка и диверсификация – это взаимосвязанные стратегии. Они направлены на свертывание бизнеса и переход в другой бизнес, либо ликвидацию. Имеется еще один исход – это поиск субститута. В любом случае стратегия предприятия должна содержать мероприятия, направленные на жесткую экономию средств и поиск перспективных технологических инноваций.

Таким образом, используя представленную матрицу выбора стратегии развития технологической инновации на предприятиях РКП, менеджеры предприятия могут определять наиболее важные направления деятельности в области освоения технологических инноваций. Рассмотренная в статье методика, основанная на использовании показателей реализуемости, перспективности, диффузионности и максимизации инновационной технологии, является инструментом гибкого и эффективного принятия управленческих решений.

Библиографический список

1. Инновации и экономический рост / В. Христенко, Л. Миндели, Л. Косалс и др. ; под ред. К. Микульского. М. : Наука, 2002. 311 с.

2. Дондуков, А. Н. Перспективы развития оборонно-промышленного комплекса страны / А. Н. Дондуков // Промышленность России. № 1 (45). 2001, январь. С. 3–5.

3. Ерыгин, Ю. В. Устойчивое инновационное развитие предприятий ОПК: концепция, принципы и методы планирования : монография / Ю. В. Ерыгин, К. Ю. Лобков ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2004. 216 с.

4. Трифилова, А. А. Управление инновационным развитием предприятия / А. А. Трифилова. М. : Финансы и статистика, 2003. 176 с.

L. V. Erygina, E. N. Postrigan

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS STRATEGIC PLANNING OF THE ENTERPRISE

Tools and methods of innovative development strategic planning at the roket-space industry enterprises, providing management on the basis of a prediction are presented. The considered technique is based on use of innovative technology perspectivity and a realizability parameters for its development strategy choice.

УДК 338.9+519.53

Э. В. Степанова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕСНОГО КЛАСТЕРА

Рассмотрено использование кластерного подхода, способствующего стратегическому развитию региона. Определена роль региональной администрации при разработке стратегического развития лесного кластера с помощью создания новых и повышения эффективности существующих целевых программ.

В последнее время все большее внимание исследователей привлекает понятие стратегического развития регионов. В качестве инструмента, повышающего стратегическую эффективность региональных производителей, был определен кластер.

В целом различаются три широких определения кластера, каждое из которых подчеркивает основную черту его функционирования:

– это регионально ограниченные формы экономической активности внутри родственных секторов, обычно привязанные к тем или иным научным учреждениям (НИИ, университетам);

– вертикальные производственные цепочки; довольно узко определенные секторы, в которых смежные этапы производственного процесса образуют ядро кластера (например, цепочка «поставщик – производитель – сбытовик – клиент»). В эту же категорию попадают сети, формирующиеся вокруг головных фирм;

– отрасли промышленности, определенные на высоком уровне агрегации (например, «химический кластер») или совокупности секторов на еще более высоком уровне агрегации (например, «агропромышленный кластер»).

В своей работе «Конкуренция» М. Портер дал определение, что кластер, или промышленная группа – это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга [1].

Кластеры гораздо лучше чем отрасли охватывают важные связи, взаимодополняемость между отраслями, распространение технологии, навыков, информации, маркетинг.

Рассмотрим соотношение понятий «комплекс» и «кластер» в современных условиях хозяйствования (таблица).

Основными отличиями этих понятий является юридическая независимость участников кластера и наличие конкуренции между ними. К критериям кластерной модели можно отнести постоянный масштаб преобразований в хозяйственных взаимоотношениях, постоянную информатизацию взаимодействующих элементов кластера.

Рассмотрение группы компаний и организаций как кластеров позволяет выявить благоприятные возможности для координации действий и взаимного улучшения в областях общих интересов без угрозы конкуренции или ограничения интенсивности соперничества. Кластер обеспечивает возможность ведения конструктивного и эффективного диалога между родственными компаниями и их поставщиками, с органами власти, а также с другими институтами.

Наибольшее внимание необходимо уделить рассмотрению кластеров на региональном уровне, так как гораздо более широкое распространение в развитых странах получили кластерные принципы организации производственного взаимодействия именно на региональном уровне. Этот подход предоставляет большие возможности для повышения эффективности экономической политики региональной власти.

Для развития регионов актуальным является выявление кластеров, внешних и внутренних связей, определение и совершенствование механизма функционирования кластеров, поэтому очень важно определить группу лидеров и выявить связи между участниками кластера. Важными составляющими кластера являются представители региональной администрации и представители бизнеса в лице базовых предприятий, которые в наибольшей степени заинтересованы в определении и развитии кластера, а также могут выступить инициаторами по его формированию.

Для региональной администрации как участника кластерного объединения полезный эффект выражается, прежде всего, в общем оживлении региональной экономики и диверсификации экономической структуры региона, влекущими за собой рост занятости, увеличение количества налогоплательщиков и налогооблагаемой базы, появления удобного механизма взаимодействия с бизнесом.

Для дальнейшего укрепления взаимосвязей в кластере и достижения синергетического эффекта необходимым условием является разработка стратегии развития кластера. Стратегия развития кластера заключается в создании условий для его эффективной работы в результате совместных действий администрации и бизнеса.

Можно выделить три основных этапа разработки стратегии кластера. Первый – это определение бизнес-портфеля территории, или конкурентоспособности бизнеса. На данном этапе выявляются те отрасли, которые при условии определенной поддержки, могут эффективно развиваться, и какие нуждаются в инвестициях.

Создание регионального кластера должно начинаться с разработки рыночной стратегии фирмы и оценки собственных позиций на рынке, затем можно переходить к составлению стратегического плана, включающего и партнеров.

Второй этап – это улучшение качества бизнес-климата. Качественный бизнес-климат региона определяется развитой инфраструктурой и представляет собой набор факторов, связанных с производственной, наукоемкой, рыночной инфраструктурой.

Третий этап связан с организационной эффективностью региональной администрации. Администрация не может эффективно реализовывать стратегию, если она сама не будет эффективной и стратегически ориентированной.

Объединение предприятий в кластер рассматривается, прежде всего, как коммерческий проект, финансируемый за счет средств самих предприятий – участников кластера. В этом контексте должны быть осуществлены скоординированные шаги поддержки данной предпринимательской инициативы на федеральном и региональном уровнях.

При разработке вопросов стратегического развития региональных кластеров, следует принять во внимание, что существует ключевой инструмент по развитию кластеров, который есть у администраций – перепрофилирование, создание новых и повышение эффективности существующих целевых программ в рамках администрации. Целевые программы могут касаться вопросов образования, научных исследований, инновационной деятельности, привлечения инвестиций.

Соотношение понятий «комплекс» и «кластер» в современных условиях хозяйствования

Территориально-производственный комплекс	Кластер
Производственные связи	Совокупность юридически независимых фирм
Связи кооперирования	Конкуренция
Связи специализации	Устойчивость хозяйственных связей
Связи обслуживания	участников кластерной системы
Ведомственная подчиненность Территориально-	Лидирующий (интегрирующий) продукт или услуга
административная принадлежность	Территориальная локализация

Целевые программы представляют собой инструмент комплексного воздействия на осуществление конкретной проблемы, которую невозможно решить за счет «саморегуляции рынка». В соответствии с этим отбор проблем для их программной разработки определяется следующими факторами: значимостью (приоритетностью) проблемы; необходимостью координации межотраслевых связей технологически сопряженных отраслей и производств для решения данной проблемы; невозможностью комплексно решить проблему в приемлемые сроки за счет использования действующего рыночного механизма и необходимостью государственной поддержки для ее решения.

В соответствии с этим мероприятия какой-либо отраслевой программы должны распространяться и на другие сферы деятельности, целесообразно также формирование комплекса взаимосвязанных и взаимосогласованных программ, в качестве предмета которых выступает соответствующая цель.

В Красноярском крае разработана программа социально-экономического развития Красноярского края до 2010 г. на основе одобренных решением Губернаторского Совета Красноярского края от 22.01.2004 г. «Основных направлений социально-экономического развития Красноярского края на среднесрочную перспективу 2004–2010 гг.» [2].

В рамках программы был проведен анализ в отраслях краевой экономики, выявлены их взаимосвязи, определены конкуренты. В итоге была создана модель основных кластеров. Сегодня основными кластерами Красноярского края являются лесной, машиностроительный, агропромышленный, строительный и транспортный кластеры.

Из проведенного экспертами анализа выявлены наиболее перспективные в плане государственной поддержки кластеры. Это лесной и агропромышленный кластер. Рассмотрим лесной кластер для определения стратегических направлений его развития (см. рисунок).

Лесной кластер объединяет по технологической цепочке лесозаготовку, деревообработку (включая мебельное производство), целлюлозно-бумажную промышленность, биохимическое производство, специализированное машиностроение (Красноярский завод лесного машиностроения), полиграфическую промышленность, транспорт. Эта цепочка пока не отлажена не только технологически, но и организационно. Центрами или ядрами кластера могут стать ЛДК в г. Лесосибирске (ЗАО «Лесосибирский ЛДК-1», ЗАО «Новоенисейский ЛХК»), объединяющие лесозаготовителей вокруг деревообработки, ООО «Енисейский ЦБК» в г. Красноярске и ГП КПП ПИК «Офсет».

Для повышения конкурентоспособности кластера необходимо рассмотреть и поощрять эффективность взаимосвязей в кластере.

В лесном кластере тесные взаимосвязи просматриваются в следующих направлениях: лесное хозяйство, лесозаготовительная отрасль, лесохимическая промышленность, деревообрабатывающая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность. Продукция лесного кластера подразделяется на группы: деловая древесина, щепа, опилки, древесная зелень, кора, древесные пни, вершины и сучья, тонкомерная древесина. Использование продукции лесного кластера происходит во многих отраслях народного хозяйства: строительство и домостроение, тарная и упаковочная отрасль, железнодорожная промышленность, мебельная промышленность, энергетика, сельское хозяйство, пищевая промышленность, косметическая и парфюмерная промышленность, фармацевтика и медицина, ветеринария, типографская отрасль, химическая промышленность, военно-промышленный комплекс. Анализ и совершенствование взаимосвязей лесного кластера с другими субъектами региона необходимы для разработки и реализации эффективной стратегии развития региона и региональных предприятий. Это повысит конкурентоспособность не только региона в целом, но и положительно повлияет на деятельность и взаимодействия субъектов региона.

Стратегической целью развития лесного комплекса Красноярского края на долгосрочную перспективу является достижение роста объемов производства продукции для удовлетворения спроса на внутреннем и внешнем рынках на базе приоритетного развития глубокой переработки древесины для повышения эффективности и конкурентоспособности производства, а также устойчивого управления лесами, повышение инвестиционного рейтинга лесной отрасли края.

Лесной кластер Красноярского края

Для достижения указанных целей в лесном комплексе Красноярского края имеются необходимые объективные предпосылки, в том числе:

– наличие реального потребительского рынка лесоматериалов внутри России, в странах Азиатско-Тихоокеанского, Среднеазиатского, Средиземноморского регионов, Европы, Африки, Америки;

– неиспользуемые запасы возобновляемых, наиболее качественных, хвойных и лиственных лесосырьевых ресурсов, позволяющие увеличить лесопользование с учетом лесоводственных требований в 2…4 раза;

– наличие лесных ресурсов в районах наиболее приближенных к транспортным путям и перерабатывающим пунктам края и возможности ведения в них лесозаготовок без ущерба для устойчивого управления лесами и неистощительного лесопользования, а также химико-механической деревопереработки с учетом современных технологий без значительного ущерба экологии края;

– наличие необходимых водных и энергетических ресурсов для развития действующих и строительства новых мощностей по химико-механической переработке древесины;

– наличие водных и железнодорожных транспортных путей для строительства новых предприятий по химико-механической переработке древесины;

– наличие необходимых трудовых ресурсов для обеспечения расширенного воспроизводства лесного комплекса;

– наличие условий наибольшего благоприятствования для развития лесного бизнеса со стороны федеральных, региональных и местных органов власти.

Совершенствование механизма функционирования лесного кластера является необходимым условием реализации стратегии развития лесного кластера Красноярского края, который является важным элементом структуры региона.

Библиографический список

1. Портер, М. Конкуренция : пер. с англ. / М. Портер. М. : Вильямс, 2002. 207 с.

2. Программа социально-экономического развития Красноярского края до 2010 г.

E. V. Stepanova

IMPROVEMENT THE FUNCTIONING MECHANISM OF TIMBER CLUSTER

It is considered the usage of cluster approach promoting strategic development of a region. It is determined the role of the regional administration for strategic development of a regional timber cluster with the help of creation new and increases of efficiency of existing target programs.

УДК 519.8

В. А. Аринин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены математические модели и алгоритмы их реализации для основных этапов инновационного процесса на промышленных предприятиях.

Одна из наиболее актуальных проблем российской экономики – повышение конкурентоспособности промышленности за счет ее технологического переоснащения и подъема наукоемких отраслей производства, создающих высокую добавленную стоимость.

Переход к конкурентоспособному производству на промышленных предприятиях в условиях рынка связан с качественным планированием инновационной деятельности и принятием правильных управленческих решений. В настоящее время управление проектами (Project Management) является основой методологии управления инвестициями, в результате которых производство становится более конкурентоспособным.

Вопросы планирования инновационной деятельности рассматриваются в различных теоретических концепциях и практических методиках российских и зарубежных экономистов. Вместе с тем проблемы автоматизации планирования инновационной деятельности на промышленных предприятиях изучены не достаточно.

Целью инновационного управления является нахождение таких решений, которые на высоком организационном и экономическом уровне обеспечат создание конкурентоспособной продукции.

Отметим одно общее положение: почти во всех случаях на протяжении жизненного цикла инновационного проекта на предприятии используются различные источники финансирования. Важно выработать такую гибкую схему финансирования, которая позволит менеджеру предприятия прибегнуть к альтернативным источникам в случае возникновения трудностей.

Принятию решения об осуществлении инновационной деятельности предшествует тщательное сопоставление предполагаемых затрат на его реализацию (учитывая оценку технического и коммерческого рисков) и финансовых возможностей компании, что получает отражение в бизнес-плане. Финансовое положение компании определяет возможность и эффективность использования заемных средств для осуществления инноваций.

Процесс инвестирования этапов жизненного цикла проекта осуществляется последовательно: от инновационных стадий до производства.

Общая схема распределения инвестиций может выглядеть так, как представлено на рис. 1.

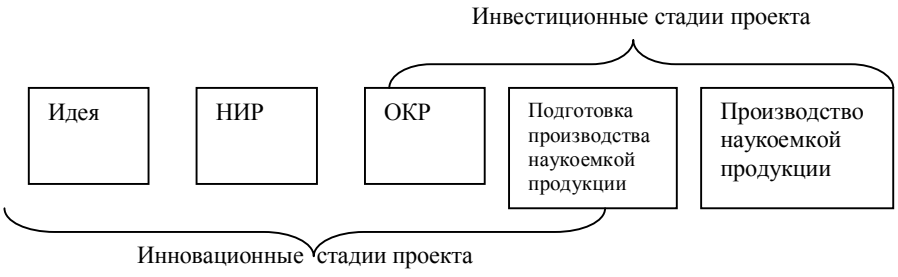


Рис. 1. Связь инновационной и инвестиционной стадий инновационного проекта

Как видно из схемы, инновационный проект включает в себя начальный этап поиска и разработки рыночно ориентированных идей. Выбор же завершающего этапа точно не определен (инновационные стадии: ОКР, подготовка производства наукоемкой продукции). Инновационный проект, тесно связанный с процессом формирования интеллектуальной собственности как самостоятельного продукта, позволяет выходить на рынок с соответствующими каждому этапу результатами: патентом, макетом, пилотным проектом, продуктами опытного производства.

Понятие инвестиционного проекта связано с полномасштабным производством и завершением проекта ясным, с точки зрения реализации на рынке, продуктом. Начало инвестиционного проекта, как правило, не простирается ранее этапа финансирования НИР.

Таким образом, принятие решений при финансировании инноваций может быть ориентировано как на конечный продукт, так и на эффективное воспроизводство новации на любой из относительно самостоятельных стадий инновационного процесса. Кроме того, автоматизация планирования инновационной деятельности требует определения наиболее важных этапов инновационного процесса и их формализации.

Выделим следующие наиболее важные этапы:

– оценка инвестиционной привлекательности инновационного проекта;

– формирование оптимального графика финансирования расходов на инновационную деятельность;

– формирование оптимального портфеля источников финансирования предприятия.

В общем виде процесс автоматизации планирования инновационной деятельности может быть представлен, как показано на рис. 2.

Основные этапы процесса автоматизации на машиностроительном предприятии можно представить в виде блок-схемы (рис. 3).

На первом этапе осуществляется оценка инвестиционной привлекательности инновационного проекта на основе критерия *NPV* (чистый дисконтированный доход). При оценке инновационного проекта существует гораздо большая неопределенность, чем при оценке инвестиционного, что обусловлено большим количеством стадий планирования и сложностью реализации каждой инновационной стадии.

Второй этап позволяет на основе исходных данных (потоки платежей, направляемые предприятием на финансирование инноваций, потребности в финансовых ресурсах на каждом этапе планирования), построить оптимальный график, отражающий предполагаемые притоки и общие потребности в финансовых средствах в каждый интервал планирования.

Согласно системе ограничений, учитывающей финансовый риск проекта, соблюдение требования финансовой устойчивости, требование отсутствия долга в конце последнего интервала планирования, на основе формализованного критерия экономии денежных средств, выбирается оптимальный график финансового планирования расходов на инновационную деятельность.

Третий этап позволяет сформировать кредитный портфель, согласно оптимальному графику, построенному на втором этапе. Исходными данными являются показатели, определенные в результате построения оптимального графика, отражающего оптимально распределенные во времени потребности в денежных средствах на каждом этапе планирования.

В формализованном виде задачи каждого этапа могут быть представлены следующим образом:

1. Оценка инвестиционной привлекательности инновационного проекта.

Эта задача представляется следующей моделью:

$$P = \{KV_t, P_t, T, d\}, \qquad (1)$$

где KV_t – инвестиция в t–ом году, $t = 1,\ldots,T$; P_t – приток денежных средств в t-ом году; T – продолжительность проекта; d – коэффициент дисконтирования.

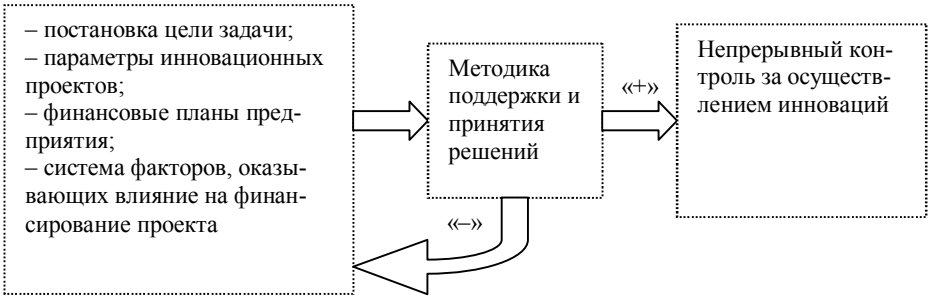


Рис. 2. Процесс автоматизации планирования инновационной деятельности

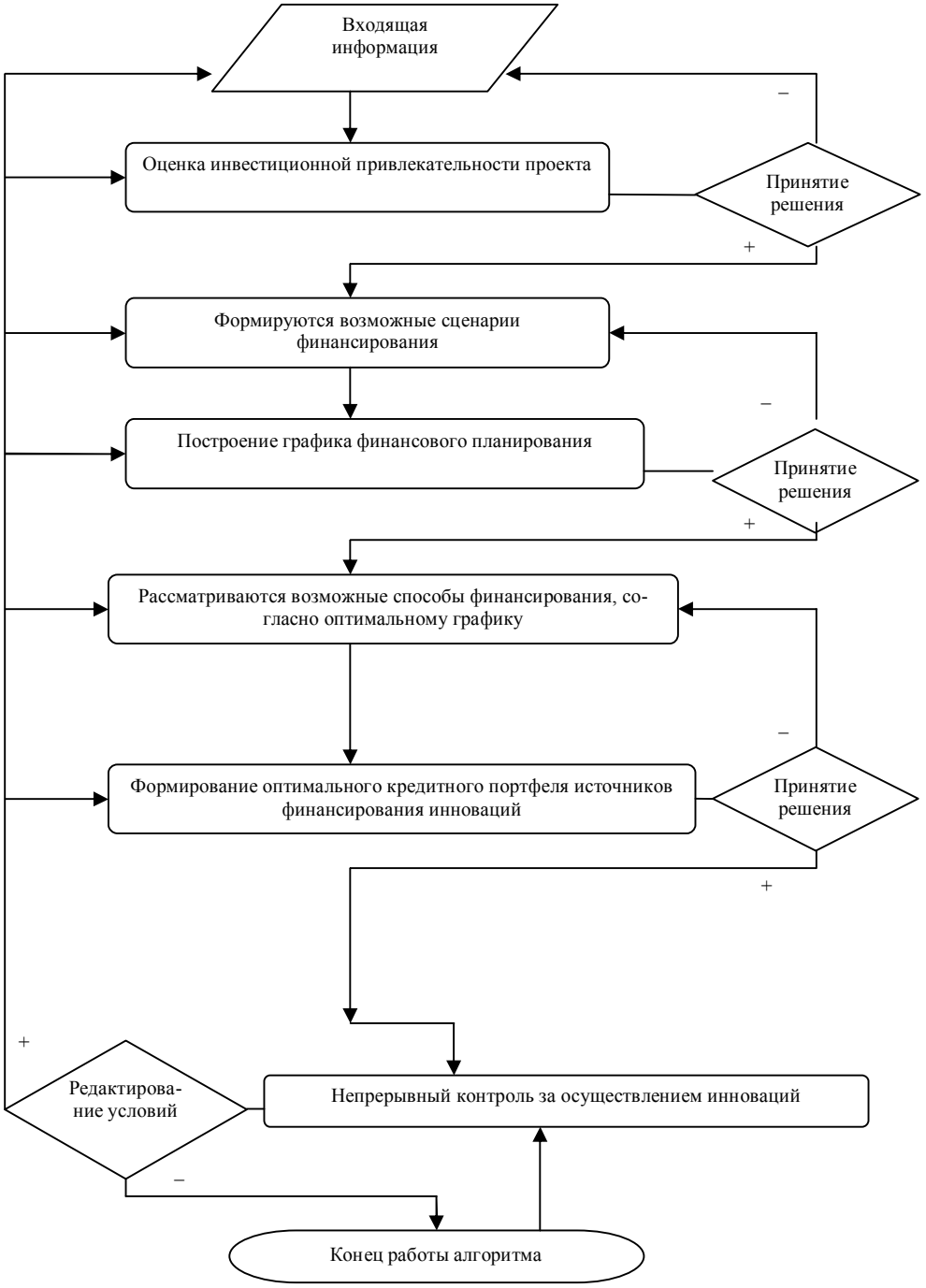


Рис. 3. Блок-схема, содержащая основные этапы процесса автоматизации на машиностроительном предприятии

Необходимо определить четкое значение критерия *NPV* (чистый приведенный доход) на основе показателей модели, задаваемых нечетким интервалом.

На практике эксперты задают: время реализации проекта – T; оценки ставки дисконта – d_{ti}; оценки капитальных вложений – KV_{ti}; потоков платежей – P_{ti}, где $i = 1$ соответствует нижней (пессимистической) оценке, $i = 4$ – верхней (оптимистической) оценке, $i = 2$ и $i = 3$ – границы интервалов наиболее ожидаемых (возможных) значений анализируемых параметров. Функция $\mu(P_t)$ интерпретируется как степень принадлежности значений параметра интервалу и непрерывно изменяется от 0 (вне интервальной области) до максимального значения, равного 1, в области наиболее возможных значений (рис. 4).

Точечные значения параметров в формуле для расчета *NPV* заменяются их нечетко-интервальными аналогами, после чего с использованием правил оперирования с нечеткими числами производятся необходимые расчеты.

На основе предложенных данных рассчитывается нечеткий интервал *NPV* по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} \frac{P_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^{T} \frac{KV_t}{(1+d)^t} \qquad (2)$$

В результате получаем нечеткий интервал для *NPV*.

Полученный нечеткий интервал *NPV* уже содержит в себе всю исходную объективную и субъективную информацию о возможных прогнозируемых рисках на

каждом из этапов проекта, неявно задаваемую экспертами при формировании нечетких интервалов P_t, KV_t и d. Поэтому предъявление принимающему решения лицу итогового рисунка, который позволяет количественно, через значения функции принадлежности, оценить риск как степень возможности получения того или иного значения *NPV*, должно быть достаточным. Ясно, что в этом случае получается целое распределение рисков, что очень неплохо, поскольку увеличивает объем информации для принятия решений.

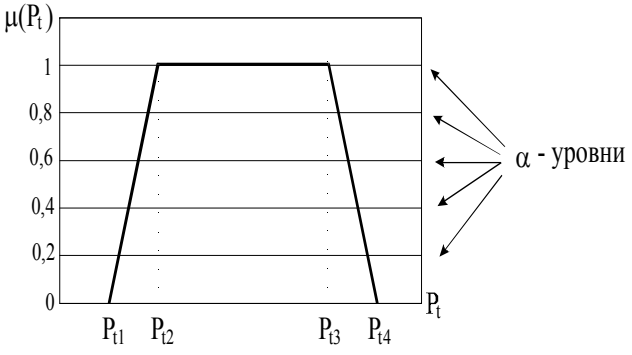


Рис. 4

Но с точки зрения инвестора, вполне естественным является получить также конкретное значение *NPV*, на которое можно ориентироваться при составлении, например, бизнес-плана, а также конкретные значения P_t и KV_t, принятые с учетом существующей неопределенности исходных данных.

В процессе автоматизации из диапазона значений дисконта случайным образом выбирается значение d^*. Для данного значения d^* строится нечеткий интервал *NPV* следующим образом.

Для d^* с помощью метода случайного поиска находим оптимальный набор функций полезности *muKV*, *muP*, *muNPV* (т. е. решается задача $D(PV_1,...,PV_t,KV_1,...KV_t) \to \max,\ 0 \le D \le 1$). На основе всех функций полезности строится глобальный критерий:

$$D(P_t, KV_t, d_t) = \min(m_{NPV}(NPV(P_t, KV_t, d)),$$
$$\text{м}_{P_1}, \text{м}_{P_2},...,\text{м}_{P_T}, \text{м}_{KV_1}, \text{м}_{KV_2},..., \text{м}_{KV_T}).$$

Итоговые оптимальные значения $P_t^{\text{опт}}$ и $KV_t^{\text{опт}}$ находятся как средневзвешенная оценка с учетом степени возможности реализации различных значений d_i, задаваемой исходным нечетким интервалом d с функцией принадлежности $\mu(d)$:

$$PP_t^{\text{опт}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{s} PP_t(d_i) * \text{м}(d_i)\right)}{\sum_{i=1}^{s} \text{м}(d_i)};\quad KKV_t^{\text{опт}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{s} KKV_t(d_i) * \text{м}(d_i)\right)}{\sum_{i=1}^{s} \text{м}(d_i)}.$$

Четкое средневзвешенное значение *NPV* находится аналогично по формуле

$$NPV = \frac{\sum_{i=1}^{s} NPV_i * \text{м}(NPV_i)}{\sum_{i=1}^{s} \text{м}(NPV_i)}.$$

Далее, на основе полученных значений критерия *NPV*, экспертами осуществляется принятие решения к переходу на следующий этап процесса автоматизации планирования инновационной деятельности.

2. Построение оптимального графика планирования расходов.

В общем виде математическая модель задачи выглядит следующим образом:

$$P' = \{L_0, ...\Delta L_j, S_0, ..., S_j, A_j, i, n, K\},$$

где L_0, $\Delta L_j, j = \overline{1...n}$ – притоки денежных средств в инновации в j-й интервал планирования (собственные средства предприятия); S_{0k}, $\Delta S_{jk}, j = \overline{1...n}$ – потребности в средствах на j-м интервале для k-го варианта графика планирования, причем общая величина потребностей для всех графиков постоянна; A_j – собственные средства предприятия в j-й интервал планирования; i – годовая процентная ставка; t – величина j-го периода реализации проекта; n – время реализации проекта (в интервалах, например, n = 12); K – количество вариантов реализации проекта.

Ограничением задачи может являться:

– отсутствие долга в конце j-го интервала

$$Z_{jk} \le 0,$$

где $Z_{jk} = (S_{0k} - L_0)(1+it)^j + \sum_{m=1}^{j} \Delta S_{mk}(1+it)^{j-m} -$

$-\sum_{m=1}^{j} \Delta L_m (1+it)^{j-m}, j = 1...n$ – кредиторская задолженность;

– условие возвратности кредита

$$(S_{0k} - L_0)(1+it)^j + \sum_{m=1}^{j} \Delta S_{mk}(1+it)^{j-m} \le \sum_{m=1}^{j} \Delta L_m (1+it)^{j-m},$$

$j = 1...n$;

– условие ограничения финансового риска реализации проекта

$$\begin{cases} (S_{0k} - L_0) \cdot N_{\text{об}} \le A_0^{\text{об}} \\ \Delta S_{jk} \cdot N\text{об} \le A_j^{\text{об}},\ j = \overline{1...(n-1)} \end{cases};$$

– требование финансовой устойчивости

$$\begin{cases} W_{jk} \le V_j,\ j = n, \\ R_{jk} \le 0,5 \end{cases},$$

где $R_{jk} = \dfrac{Z_{jk}}{A_j^{\text{об}}}$.

Необходимо определить экономию денежных средств, выбрав оптимальный вариант распределения потребности в финансовых средствах во временном интервале.

Экономию денежных средств для каждого этапа проекта определяем по формуле

$$D = \max(\Delta_i),\ i = \overline{1...k},$$

где $\Delta_i = \sum_{j=1}^{n} \left[V_{ji} - W_{ji} - I_{ji} \right], i = \overline{1...k}.$

Решение модели данного этапа представлено в виде блок-схемы (рис. 5).

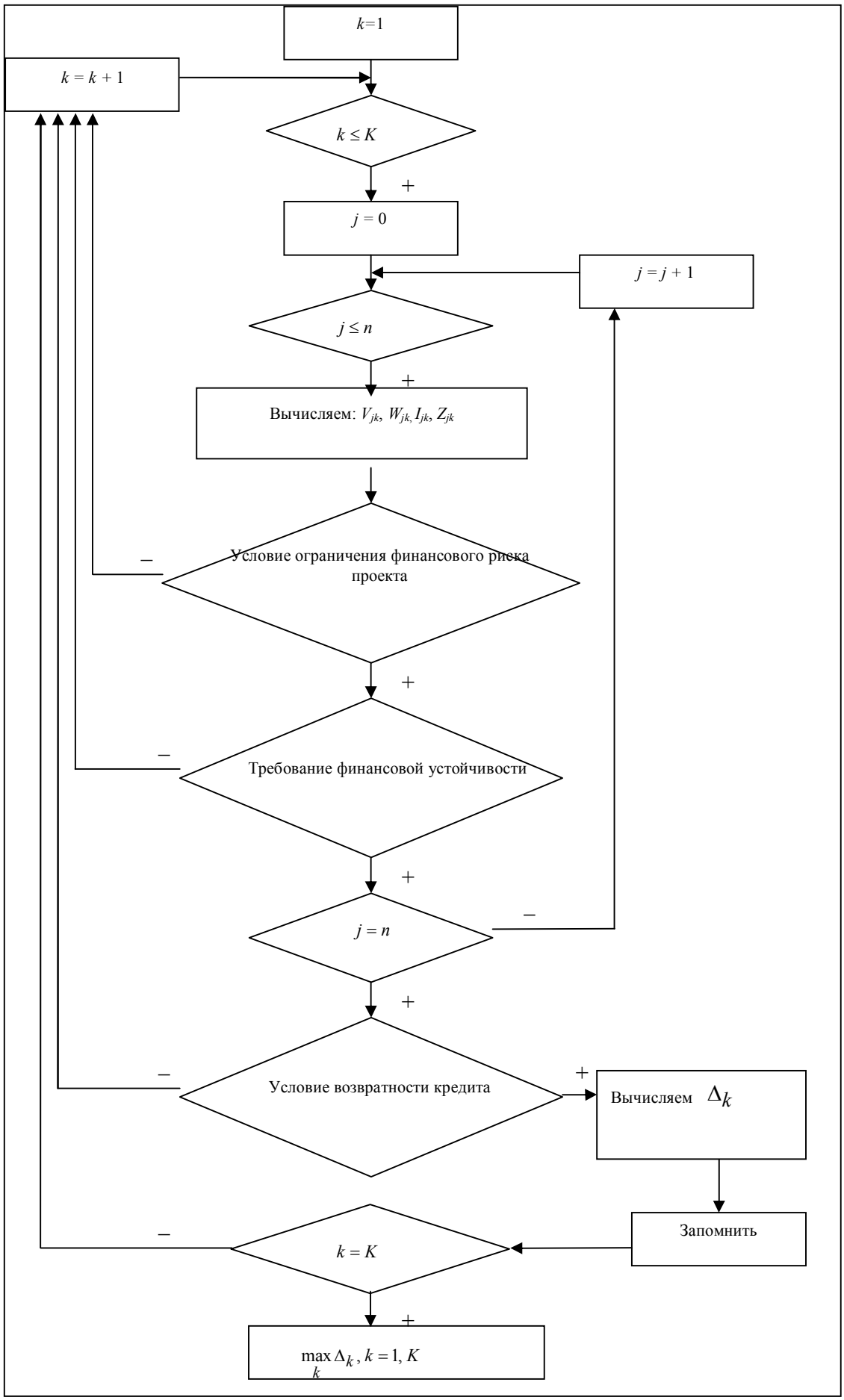


Рис. 5. Блок-схема решения модели

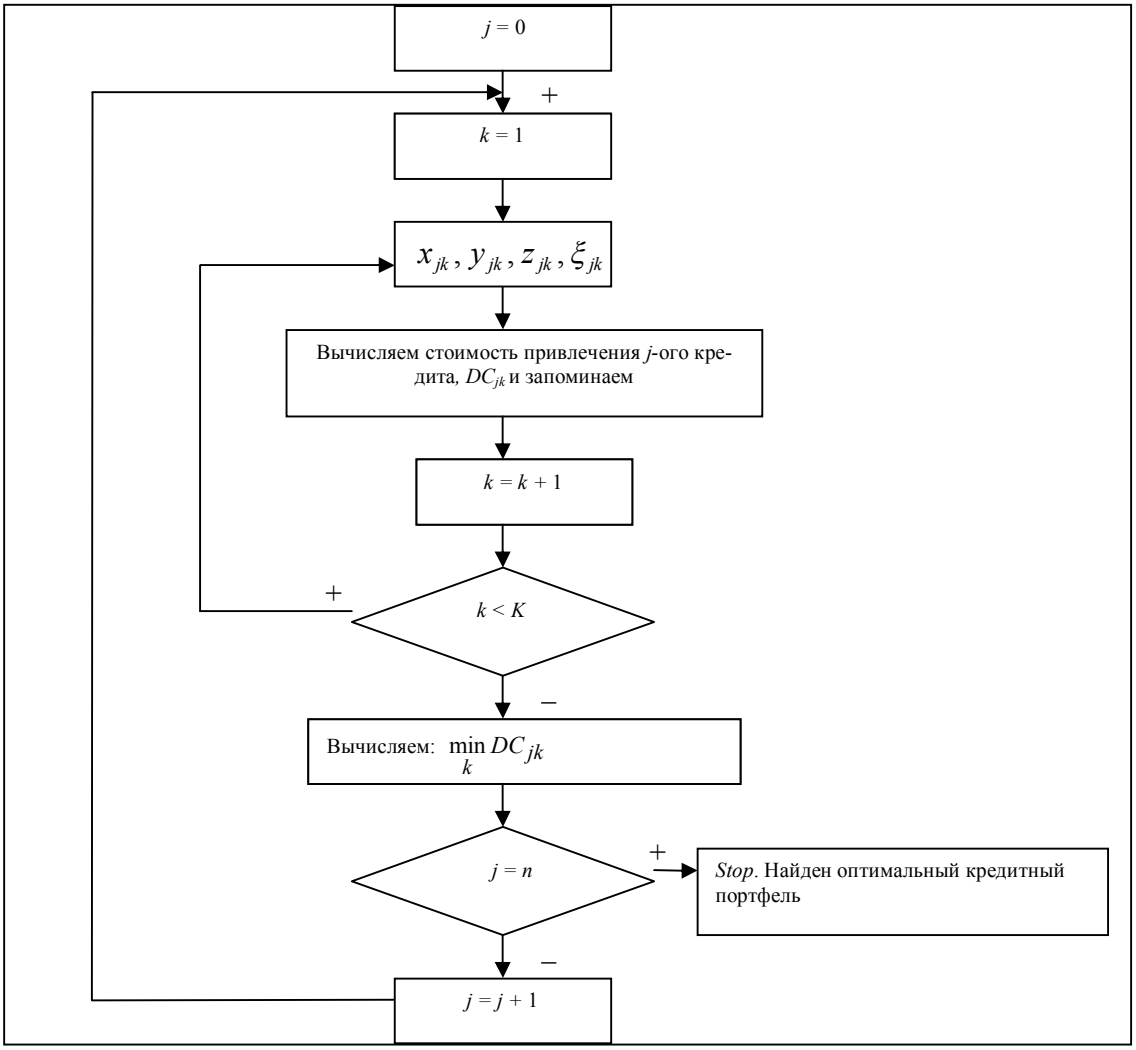


Рис. 6. Алгоритм реализации задачи формирования оптимального кредитного портфеля

3. Формирования оптимального кредитного портфеля**.**

В общем виде модель выглядит следующим образом:

$$P'' = \{ d_0, d_1, \ldots d_{(n-1)}, n, i, K, W_j, V_j, I_j, \text{o}_k \},$$

где $d_0, d_1, \ldots d_{(n-1)}$ – даты возникновения потребностей; d_n – дата начала расчета за кредиты; n – число интервалов планирования расходов; $T = (d_0 - d_n)$ – весь период планирования в днях; i – годовая процентная ставка; K – количество привлекаемых заемных источников; W_j – потребности в денежных средствах на j-м интервале планирования, рассчитанные для оптимального графика планирования; V_j – притоки денежных средств в инновации для j-го интервала планирования, рассчитанные для оптимального графика планирования; I_j – издержки по кредиту для j-го интервала, рассчитанные для оптимального графика планирования; o_k – стоимость открытия кредитной линии для k-го источника кредитного портфеля – задается лицом, принимающим решение (ЛПР).

Условие покрытия дополнительных потребностей в средствах определяют следующим образом:

$$\sum_{l=1}^{n} F_l \geq \sum_{l=1}^{n} (V_l - W_l - I_l) .$$

Необходимо также соблюдение следующих ограничений:

$$F_l = \begin{cases} F_l, \ if \ x_l = 0 \\ F_l^* \in (0; F_l], if \ x_l = 1, \end{cases}$$

где x_l – разрешает/запрещает частичное использование средств;

$$d_l = \begin{cases} d_l, \ if \ y_l = 0 \\ d_l^* \in (0; d_l], if \ \text{y}_l = 1, \end{cases}$$

где y_l – разрешает/запрещает досрочное погашение средств;

$$\xi_k = \begin{cases} \xi_k, \ if \ z_k = 0 \\ \xi_k^* \in (0; \xi_k], if \ z_k = 1, \end{cases}$$

где z_k – разрешает/запрещает использование одного источника финансирования последовательно на нескольких этапах.

Далее необходимо определить DC_j – (dept cost) стоимость привлечения кредита на j-м этапе планирования при $j = 1...n$:

$$DC_{lk} = \left(\sum_{j=1}^{l} (V_j - W_j - I_j) \right) (d_l - d_{l-1}) \frac{i_k}{365} + \text{o}_k ,$$

$$l = 1, \ldots, n .$$

Функцию полезности можно записать следующим образом:

$$F_l(DC_{l1}, DC_{l2}, ..., DC_{l(k-1)}, DC_{lk}) \to \min, l = \overline{1, n}.$$

Таким образом, происходит формирование финансовых ресурсов для инвестиционно привлекательного инновационного проекта.

На блок-схеме (рис. 6) наглядно представлен алгоритм реализации задачи формирования оптимального кредитного портфеля.

В данной статье изложен подход к автоматизации процесса планирования инновационной деятельности на промышленном предприятии и предложен механизм автоматизации. Выделены наиболее важные этапы планирования инновационной деятельности на промышленном предприятии и построены их математические модели. Формализованные подходы в совокупности представляют автоматизированную систему поддержки принятия решений.

Учет и анализ большинства экономических факторов позволил:

– разработать модель оценки инвестиционной привлекательности инновационного проекта используя аппарат нечеткой логики;

– построить формализованную модель графика планирования расходов на инновационную деятельность;

– построить математическую модель формирования оптимального портфеля источников финансирования предприятия.

Формализованные подходы в совокупности представляют автоматизированную систему поддержки принятия решений планирования инновационной деятельности на промышленном предприятии.

V. A. Arinin

AUTOMATIZING OF THE PROCESS OF ENTERPRISES INNOVATION ACTIVITY PLANNING

The mathematical models and algorithms of theirs realization for basic steps of innovation process in industrial enterprises have been considered.

УДК 332.025.12

Т. В. Зеленская, Н. В. Нестерова

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕНЕВОГО КАПИТАЛА КАК ИНСТРУМЕНТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Приведена краткая характеристика понятий теневой экономики, дано описание методов оценки теневой капитала, отражены результаты применения определенных методов для оценки теневого капитала в отдельных отраслях промышленности Красноярского края, сформулированы предложения по совершенствованию формирования информационной базы для определения масштабов теневого капитала.

Теневая экономика в настоящее время существует во всех странах мира как постоянно воспроизводящаяся подсистема рыночного хозяйствования, ее позиции становятся все более прочными, а границы между официальной и теневой экономикой все более условными. Многие предприятия, даже крупные, с участием государственного капитала, в той или иной степени наряду с легальной деятельностью осуществляют скрытые финансовые или экономические операции. В то же время в экономической теории трудно найти другое такое явление, которое при значительных своих масштабах было бы настолько слабо изучено.

Понятие теневой экономики принято определять исходя из основной цели системы национального счетоводства (СНС) – максимально точного учета всех видов экономической деятельности, обеспечивающих реальный вклад в производство валового внутреннего продукта (ВВП). Однако существуют многочисленные и разнообразные виды экономической деятельности, которые не находят отражения в официальной статистике или вообще никак не документируются по причине нахождения их на грани нарушения закона, а иногда и за его гранью – ненаблюдаемая (теневая) экономика.

Однозначного толкования теневой экономики до настоящего времени не выработано. В результате исследования проблем теневой экономики отечественные авторы предлагают сущность данного явления рассматривать, используя несколько подходов:

С точки зрения *экономико-статистического подхода*, теневая экономика – это все виды экономической деятельности, которые не учтены, не отражены в официальной статистике, т. е. это экономика, укрытая от статистического учета. Это неконтролируемые государством и обществом процессы производства, распределения, обмена и потребления товаров и услуг, которые не афишируются, скрываются их участниками в корыстных личных или групповых интересах.

С *юридической* точки зрения (правовой подход), теневыми можно называть экономические процессы, идущие вразрез с правовыми нормами, функционирующими вне правового поля. Это совокупность как противоправных, так и не запрещенных законом отношений между людьми и субъектами хозяйствования по поводу производства, обмена и присвоения продуктов производства в корыстных целях.

С точки зрения *этики*, теневой называют экономическую деятельность, нарушающую общепринятые

моральные нормы, культивирующую различные пороки человека.

Все перечисленные определения по-разному характеризуют теневую экономику, но одинаково подразумевают ее основной признак – скрытый характер.

Рассматривая структуру теневого бизнеса, выделяют три относительно самостоятельных блока:

1) неофициальный бизнес – нефиксируемое официальной статистикой производство товаров и услуг, сокрытие этой деятельности от налогообложения;

2) фиктивный бизнес, который включает приписки, хищения, спекулятивные сделки, взяточничество и редкого рода мошенничества, связанные с получением и передачей денег. Зачастую фиктивный бизнес дополняет или заменяет официально установленный порядок организации и реализации экономических связей;

3) криминальный бизнес – охватывает те виды экономической деятельности, которые прямо запрещены действующим законодательством. К таким видам деятельности относятся, например, производство и продажа наркотиков, оружия, бизнес на проституции, контрабанда, а также другие виды криминальной деятельности, наказуемой в соответствии с уголовным законодательством (хищения, корыстные должностные и хозяйственные преступления; преступность против государственной и личной собственности граждан как форма внеэкономического перераспределения доходов – кражи личного имущества, рэкет, грабежи, разбои и т. д.).

Измерение теневой экономики и возможности оценки ее масштабов достаточно ограничены в силу самого характера этого явления, предполагающего сокрытие от учета, контроля и регистрации. Однако необходимость такого измерения и включения его результатов в оценку валового внутреннего продукта (ВВП) становится все более очевидной. По мнению некоторых российских экономистов-исследователей, основными причинами учета результатов незаконной деятельности в ВВП являются:

– *необходимость обеспечения полноты охвата ВВП.* В некоторых странах незаконное производство тех или иных товаров и услуг является относительно весомой с точки зрения экономической выгоды деятельностью. Поэтому исключение такого производства из учета означает серьезную недооценку добавленной стоимости в соответствующих отраслях внутренней экономики и ведет к существенной недооценке ВВП;

– *необходимость обеспечения всеобщей согласованности отражения потоков товаров, услуг, доходов и активов.* Если не осуществлять учет производства и импорта незаконных товаров и услуг, их распределения и перераспределения, то в случае значительных масштабов теневой деятельности может возникнуть искажение всех макроэкономических показателей страны, а именно: пропорций между производством и потреблением, распределением и использованием созданной в экономике стоимости. Искаженные экономические пропорции в конечном итоге могут привести к принятию необоснованных решений.

– *необходимость сопоставимости данных национальных счетов между странами и во времени.* Учитывая, что некоторые виды деятельности могут быть законными в одной стране и незаконными в другой, исключение незаконного производства может исказить международные сопоставления по уровню производства и потребления товаров и услуг. То же самое можно сказать и в случае, когда в связи с внесением изменений в законодательство страны незаконное производство может перейти в разряд законных (например, производство и реализация алкоголя в период сухого закона в США были незаконными видами деятельности, и после отмены этого закона они перестали ими быть). Таким образом, в течение времени границы нелегального производства находятся в движении и это необходимо учитывать.

Для оценки размеров теневой экономики используются различные методы, которые основываются на использовании сводных экономических показателей официальной статистики, результатов работы налоговых, таможенных органов, органов МВД и других заинтересованных министерств, ведомств и организаций а также на опросе или на наблюдении за участвующими в теневой экономике.

Все применяемые для оценки размеров теневой экономики методы объединяются в три группы: учетно-статистические методы, используемые на макроуровне; методы открытой проверки; специальные экономико-правовые методы, используемые на микроуровне при выявлении и оценке экономических параметров конкретных правонарушений, преступлений, экономической деятельности отдельных лиц.

Учетно-статистические методы. Они направлены на обеспечение наиболее полной регистрации теневых экономических явлений для обобщающей характеристики всей их совокупности и отдельных групп, выявления и изучение массовых статистических закономерностей.

Из всех элементов теневой экономики наиболее точная оценка может быть дана производительной скрытой и неформальной экономической деятельности. Это обусловлено использованием для расчетов методологии системы национальных счетов 1993 г. (СНС) и рекомендаций «Руководства по измерению ненаблюдаемой экономики», разработанного совместными усилиями Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Международного валютного фонда (МВФ), Статистического бюро Международной организации труда (МОТ), Межгосударственного статистического комитета стран СНГ.

Общий подход к оценке следующий. Параметры теневой экономики включают скрытое производство, скрытые доходы и скрытые от статистики расходы на конечное потребление и накопление. Теневое производство является исходным для оценки теневой экономики, поскольку именно производство определяет и доходы, и расходы. Основной задачей является дать наиболее надежную оценку этим параметрам. Для этого могут быть избраны различные подходы.

Наиболее надежным и точным является использование традиционных статистических методов, направленных на сбор дополнительной информации, проведении дополнительных обследований: обследовании предприятий о результатах экономической деятельности; обследовании рабочей силы; конъюнктурные обследования; анализа административных данных о выданных лицензиях на осуществление определенных

видов деятельности. Таким образом, идет совершенствование базовой статистики. Однако такой подход не в состоянии дать полную оценку «нормальной», но скрытой экономической деятельности. Неэффективен он и для оценки запрещенных видов деятельности. При оценке производительных видов теневой экономической деятельности эффективен классический балансовый метод, который заключается в сопоставлении данных из разных источников и досчете недостающей информации. Так, например, в промышленности досчеты на скрытую деятельность, а именно, на заниженный юридическими лицами объем продукции, выполняются на основании данных налоговых органов о результатах документальных проверок налогоплательщиков по налогу на добавленную стоимость.

Следует отметить, что в рамках методологии системы национального счетоводства некоторые виды экономической деятельности, имеющей перераспределительный характер, адекватно оценить не удается. Определенная их часть может быть учтена при балансировании производства и потребления для уменьшения статистических ошибок.

Внутри учетно-статистических методов выделяют несколько основных, применение которых позволяют получить более точные результаты оценки объемов теневой экономической деятельности:

– метод специфических индикаторов;

– метод экспертных оценок;

– смешанные методы.

Метод специфических индикаторов связан с использованием какого-либо одного показателя, отражающего уровень экономической деятельности и полученного прямым или косвенным способом. В рамках данного общего метода выделяют категории частных, к числу которых можно отнести прямые и косвенные методы.

Прямые методы (микрометоды) предполагают применение информации специальных обследований, опросов, проверок и их анализа для выявления расхождений между доходами и расходами отдельных групп налогоплательщиков, а также для характеристики отдельных аспектов теневой деятельности или для ее оценки по определенной группе экономических единиц.

Один из прямых методов, а именно метод наблюдения и опроса, был применен авторами в соавторстве с группой исследователей для определения размеров теневого бизнеса на предприятиях общественного питания г. Красноярска. Исследование проводилось выборочно на семидесяти предприятиях общественного питания Красноярска. Была разработана анкета респондента. Респондентами явились только лица совершившие покупку, находящиеся в возрасте от 17 до 50 лет, в число которых входили студенты, служащие, рабочие и другие категории граждан, за исключением детей и пенсионеров. В анкете респондент указывал сумму покупки в обследуемом пункте общественного питания (данные суммы исследователи имели возможность сравнить с кассовым чеком предприятия), сумму своего месячного дохода, примерное количество раз посещения предприятий общественного питания в месяц. За две недели наблюдения количество респондентов составило около 10,5 тыс. чел. Опираясь на данные официальной статистики по численности Красноярска, по доле расходов на питание вне дома (общественное питание) в структуре потребительских расходов домашних хозяйств, по среднемесячной номинальной заработной плате и применив данные, полученные в результате обследования по количеству обследуемых объектов и фактическим расходам респондентов на общественное питание, был получен (с учетом статистической ошибки и корреляционных связей отдельных показателей) возможный оборот предприятий общественного питания, с учетом «теневого» оборота. Результаты данной оценки были впечатляющими: почти 26 % оборота предприятий общественного питания находится в «тени».

Косвенные методы основаны преимущественно на информации систем сводных макроэкономических показателей официальной статистики, данных финансовых и налоговых органов, хотя и не исключают использование результатов специально организованных опросов. Косвенные методы широко применяются при невозможности непосредственной прямой фиксации исследуемых параметров. При недостатке прямой информации ее заменяют расчетной, определяют на основе косвенных данных либо исходя из умозрительных гипотез. В этой группе методов выделяются сравнение доходов и расходов, альтернативные оценки макроэкономических показателей, метод товарных потоков:

– *сравнение доходов и расходов*. Данный метод применяется в России с 1996 г., когда был впервые осуществлен расчет всех счетов сектора домашних хозяйств. Это позволило прямо сопоставить все доходы домашних хозяйств со всеми расходами (принимая во внимание статистическую ошибку на некоторые допущения). В результате оказалось, что доходов значительно меньше, чем расходов. Несоответствие доходов и расходов домохозяйств может служить основой для оценивания масштабов теневой деятельности.

Проблема применения данного метода заключается в том, что при сборе информации возникает трудность в получении «реальной» ситуации. Респонденты далеко не все рассказывают о своем домашнем бюджете, «подправляют» данные. Особенно те, кто активно работает именно в теневой экономике. Кроме того, данный подход не учитывает теневые доходы домашних хозяйств, которые не проявляются в потреблении. И если эти средства идут в накопление, то каким бы ни был большим их объем, такое домашнее хозяйство не попадает в разряд теневых;

– *альтернативные оценки макроэкономических показателей* основаны на использовании косвенных данных для расчета реального объема ВВП, который может быть определен тремя способами: как совокупный выпуск продукции всеми отраслями экономики; как совокупность доходов, зарабатываемых производством товаров и услуг; как совокупность всех расходов, связанных с производством и приобретением товаров и услуг.

Теоретически все три способа должны дать одну величину ВВП (при использовании одного масштаба цен). Но на практике применение этих трех способов дает разную количественную оценку ВВП из-за различия учета факторов, ведущих к сокрытию и искажению информации, а также из-за степени приближения соответствующей официальной статистики к истин-

ному ее значению. При любом подходе часть экономической активности выпадает из рассмотрения. Так, теневая деятельность фирм не попадает в отчеты о выпуске продукции, а, следовательно, занижает оценку ВВП полученную как итоговый выпуск продукции. А незадекларированный доход уменьшает ВВП, определенный «доходным» способом. На нестыковке оценок ВВП, полученных разными способами, и определяют теневую экономику, принимая во внимание определенные допущения и дополнения;

– *метод товарных потоков.* Смысл метода заключается в том, что товарный поток, т. е. движение стоимости от производства до использования, строится для отдельных важнейших продуктов и товарных групп. Цель применения данного метода состоит в построении специфической балансовой модели и обнаружении слабых мест в имеющейся информационной базе. Например, если по какому-либо товару производство и импорт меньше суммарного использования, то необходимо решить, какая часть информации (данные по производству или по импорту) более надежна и досчитать другую часть.

Данный метод был применен авторами для оценки теневого бизнеса в пищевой промышленности и торговле Красноярского края. Схема движения товарных потоков между сельским хозяйством, пищевой промышленностью, торговлей и населением отражена на рисунке.

Для оценки теневого бизнеса в пищевой промышленности и торговле нами использовалось два способа:

1) оценка товарных потоков между пищевой промышленностью и населением в натуральных единицах;

2) оценка товарных потоков между розничной торговлей и населением в денежных единицах.

Оценку товарных потоков мы проводили по основным группам продовольственной продукции: хлеб и хлебобулочные изделия; молоко и молочные продукты.

Для проведения анализа товарных потоков между пищевой промышленностью и населением, т. е. в натуральных единицах, были использованы данные официальной статистики и результаты аналитической работы специалистов Красноярского торгового университета. В целях определения возможного теневого оборота по исследуемым видам продовольственной продукции мы сравнивали объем производимой продукции с объемом потребления данных продуктов питания в домашних хозяйствах.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что за период 1995–2004 гг. потребление молока и молочных продуктов превысило производство данного вида продукции (с учетом импорта) на 26 %, а хлеба и хлебобулочных изделий (с учетом технологических потерь) – на 46 %.

Для оценки второго способа, т. е. товарных потоков между розничной торговлей и населением в денежных единицах, мы сравнивали структуру потребительских расходов домашних хозяйств и товарную структуру розничного товарооборота (с учетом корректировки полученных нами значений на величину расходов населения в оптовой торговле). В результате мы получили превышение расходов домашних хозяйств на покупку продовольственных товаров над оборотом розничной торговли продовольственными товарами. Полученные нами результаты оценивают скрытый оборот розничной торговли в зависимости от вида продукции до 38 % от официально зарегистрированного оборота.

Мы считаем, что объясняется это двумя причинами:

– сокрытие реальных доходов населения на уровне 15–20 % (данный фактор нами не учитывался);

– неточность оценок структуры потребительских расходов домашних хозяйств (мы полагаем, что при оценке теневого оборота статистическая погрешность может составить 10–15 %).

Для оценки масштабов теневой экономики особое внимание уделяется *методу экспертных оценок.* Суть этого метода заключается в следующем. Сначала эксперт (специалист высокой квалификации) определяет, насколько можно доверять данным по какой-либо отрасли, виду преступной деятельности и т. п. А затем после сбора данных из обычных источников их автоматически досчитывают на определенную величину. Выбор применяемой методологии экспертных оценок осуществляется самим экспертом. Многие связи и отношения, которые представляются эксперту очевидными и которые он использует для оценки, трудно поддаются количественному описанию. Однако заключения экспертов о масштабах, тенденциях и возможных путях развития отдельных нелегальных видов деятельности имеют широкое применение в дальнейшем экономическом, статистическом и математическом анализе теневой деятельности.

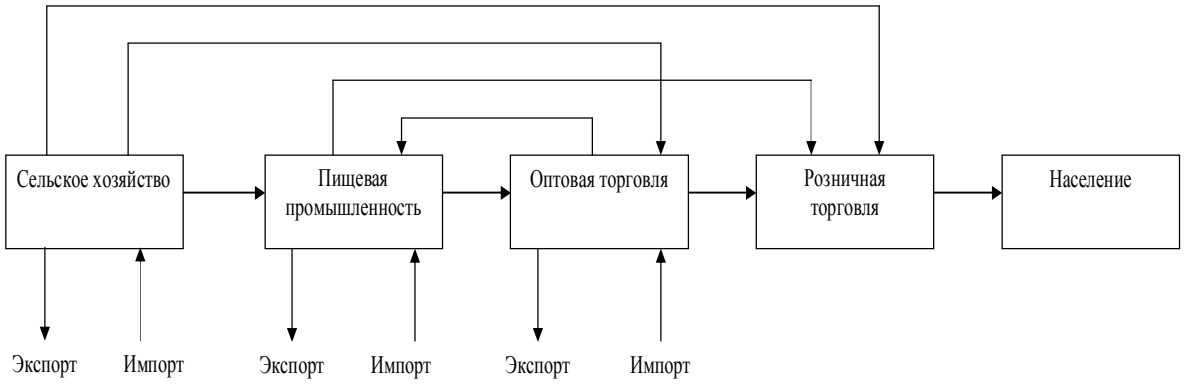


Схема движения товарных потоков

Мы полагаем, что для получения более качественного экспертного заключения, поставленная перед экспертами задача должна быть максимально формализована.

Смешанные методы предполагают использование метода скрытых переменных и комплекса различных методов при оценке различных сфер теневой экономической деятельности. Основная идея метода заключается в построении модели, которая должна быть максимально возможно детализирована и учитывать большое число величин, зависящих от объема теневой экономики. Сама теневая экономика рассматривается в качестве скрытой переменной, которая непосредственно не измеряется (метод скрытых переменных).

Методы открытой проверки. Применение этих методов находится в компетенции специально созданных контролирующих органов. Ими выявляются и пресекаются нарушения валютного, таможенного, банковского, налогового, антимонопольного законодательства, правил торговли, пожарной безопасности, санитарных норм и т. п. Результаты, полученные при использовании методов открытой проверки, могут впоследствии использоваться в учетно-статистических методах.

Так, на основании данных контролирующего органа по исполнению лесного законодательства на территории края об установленных нарушениях заготовки, вывозки и реализации древесины, мы попытались определить объем потерь бюджета от теневых рубок леса. Мы установили, что, при почти постоянном количестве зарегистрированных случаев незаконных рубок леса, средний объем единичной незаконной рубки увеличивается. Применив метод прямого счета, нами был получен предполагаемый теневой объем лесозаготовок по данному виду лесонарушений, который по отношению к официально зарегистрированному объему продукции лесопромышленного комплекса края (с учетом уровней передельности) составил за исследуемый период (2002–2004 гг.) около 4 %. Следует отметить, что на основании имеющихся по видам лесонарушений данных, невозможно отразить реальный объем теневого оборота, так как выявленные правонарушения не являются всеми случаями незаконной рубки леса.

Методы экономико-правового анализа. Учитывая, что теневая экономика – экономика незаконная, методы экономико-правового анализа позволяют эффективно применять специальные экономические и бухгалтерские познания в юридической практике для установления и пресечения незаконной деятельности. В зависимости от цели выделяются три направления экономико-правового анализа, каждый из которых опирается на систему методов:

– оперативно-экономический анализ – проводится негласно с целью выявления скрытых преступлений;

– экономико-криминалистический направлен на выявление следов преступлений;

– экономико-криминологический – имеет целью выявление причин и условий, способствующих совершению преступлений.

Конкретные методы экономико-правового анализа можно объединить в следующие категории: метод документального анализа; метод бухгалтерского анализа; метод экономического анализа.

Метод документального анализа проводится по фактическим обстоятельствам, отраженным в бухгалтерских документах. Целью этого анализа является обнаружение специфических документальных несоответствий, которые проявляются в виде противоречий в содержании отдельного документа; противоречий в содержании учетных документов, отражающих одну и ту же или взаимосвязанные операции; противоречий в содержании учетных документов, отражающих однородные операции. По каждому виду несоответствий проводится анализ, который выявляет преступление.

Метод бухгалтерского анализа направлен на выявление учетных несоответствий, которые проявляются в следующем:

– в нарушениях взаимосвязи между элементами метода бухгалтерского учета (баланс и счета, калькуляция и счета и т. д.);

– в отклонениях от обычного порядка отражения экономической деятельности в одном из элементов метода бухгалтерского учета (между аналитическим и синтетическим учетом, между первичными и сводными документами и т. п.);

– в нарушениях технологического процесса учетной работы (мнимое исправление учетных записей, нарушение правил учета, проведения инвентаризаций).

Анализ данных несоответствий также позволяет установить занижение налогооблагаемой базы, сокрытие объектов учета, что приводит к нанесению ущерба государству в виде неуплаты налогов.

Метод экономического анализа позволяет установить нарушение взаимосвязи и взаимообусловленности различных экономических показателей, которые в условиях нормальной экономической деятельности находятся в сопряженном состоянии. Взаимосвязь показателей имеет, как правило, хорошо изученные характеристики и обусловлены взаимодействием экономических процессов. При совершении экономических преступлений взаимосвязь и взаимообусловленность показателей нарушается и эти несоответствия являются достаточно характерными. Экономический анализ позволяет вскрыть причины отклонений от нормальной экономической деятельности.

Описанные в работе методы не охватывают весь перечень существующих способов оценки теневой экономики. Более того, на наш взгляд, законченного, исчерпывающего перечня таких методов и не существует. С изменением экономических условий в стране меняются и способы увода капиталов в «тень», в связи с чем и методы исследования и оценки теневой деятельности развиваются и трансформируются.

Практика применения нами определенных методов оценки теневого капитала в отдельных отраслях региональной экономики показала сложности получения сопоставимой текущей и внутренней информации о состоянии отрасли. Для получения более качественных результатов необходимо улучшение качества исходной информации, расширение состава показателей, необходимых для расчетов. Имеющиеся в официальной статистике данные зачастую несопоставимы как с данными отраслевых ведомств (возможно в связи с

разным подходом к формированию информации), так и между собой.

Мы считаем, что необходимо осуществить следующие мероприятия:

1. Расширить по структуре и наполнению перечень официальной статистической информации, сопоставимой со сложившейся нормативно-правовой средой в экономике и бизнесе, включив в него:

– информацию о начислении, поступлении налоговых платежей в бюджеты всех уровней в разрезе отраслей (с указанием основных налогов), бюджетов, категорий плательщиков, которым предоставлены льготы; о налогооблагаемых базах по основным налогам в разрезе отраслей; задолженности по уплате налоговых платежей в разрезе отраслей;

–информацию о результатах выявления нарушений в области таможенного, лесного, валютного законодательства и т. д.

2. Для выявления реальных оборотов ВРП и совершенствования нормативно-правового регулирования региональной экономики разрабатывать декомпозированный сценарий определения теневого оборота с применением комбинации нескольких методов расчета, выявления узких мест и перепроверки полученных результатов.

Мы полагаем, что данные меры позволят повысить точность расчетов по определению масштабов нелегальной деятельности; получить более достоверные результаты, характеризующие состояние и динамику изменения теневой экономики; дать более реальную оценку произведенного в регионе валового продукта, что в конечном итоге, позволит принимать более обоснованные решения по формированию экономической и налоговой политики, в том числе и на уровне региона.

T. V. Zelenskaja, N. V. Nesterova

PROBLEMS OF APPLICATION OF THE METHODS OF ESTIMATION OF SHADOW CAPITAL AS INSTRUMENTS OF REGULATION OF REGIONAL ECONOMY

It is presented the short characteristic of the concepts of the shadow economy, description of the methods of the shadow capital's estimation, the results of application of certain methods for the estimation of the shadow capital in the separate spheres of industry of the Krasnoyarsk region and formulated the suggestions on perfection the formation of the informative base for determination of the scales of the shadow capital.

УДК 338.001.36

В. В. Вингерт

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ ОТРАСЛЕВЫХ ТОВАРНЫХ РЫНКОВ

Рассмотрено аналитическое обеспечение оценки конкурентной среды отраслевых товарных рынков, что обеспечит всестороннее понимание рынка и рыночной позиции хозяйствующих субъектов на нем, позволит определить эффективность их стратегических решений.

Реально сложившаяся практика экономической жизни в мире показывает, что рынок и конкуренция – главный механизм развития современной экономики, более мощный и действенный, чем любой иной фактор ее движения. Эффективность функционирования рынка тем выше, чем активнее конкуренция и чем лучше условия для ее проявления. Конкуренция требует определенного, желательно оптимального сочетания экономических, технологических и социальных предпосылок. Нарушение этого условия затрудняет проявления конкуренции или даже сводит ее к нулю. Итогом является застой в экономике, снижение ее эффективности, возможное падение жизненного уровня населения страны.

Конкуренция – сердцевина современного рыночного механизма не только потому, что масштабы ее проявления за последние десятилетия неизменно возросли. Главное в том, что конкуренция – это органичное свойство рынка, его неотъемлемая черта. Отсутствие «нормальной» конкуренции, ее разрушительное или, напротив, слабое проявление – четкий индикатор явного неблагополучия на рынке, появления «перекосов» и больших диспропорций в его развитии. Большинство современных рынков характеризуется как конкурентные. Отсюда вытекает настоятельная необходимость в изучении конкуренции, ее уровня и интенсивности, в знании сил и рыночных факторов, оказывающих наибольшее влияние на конкуренцию.

В настоящий момент в научной и юридической литературе существует два общепринятых методологических подхода к проведению оценки конкурентной среды отраслевого товарного рынка. Первым из них является подход М. Портера, он более нацелен на общий анализ факторов конкурентной среды. Методология МАП изложенная в приказе ГКАП от 16.12.1996 г. № 169 является нормативным документам, используемым в работе УФАС РФ для оценки конкурентной среды отраслевых товарных рынков. Сравнительный анализ этих методологий, представленный в таблице, составлен по [1, 2, 3].

Таблица 1

Характеристика методологий исследования конкурентной среды отраслевого товарного рынка

	Сущность методологии	Достоинства	Недостатки	Условия применения
В соответствии с методология М. Портера	Оценка степени подверженности рынка процессам конкуренции на базе анализа основных факторов, обусловливающих интенсивность конкуренции, учитываются следующие группы факторов: – соперничество среди конкурирующих на данном рынке продавцов («центральный ринг») – ситуация в отрасли; – конкуренция со стороны товаров, являющихся заменителями – влияние товаров-заменителей; – угроза появления новых конкурентов – влияние потенциальных конкурентов; – позиции поставщиков, их экономические возможности – влияние поставщиков; – позиции потребителей, их экономические возможности – влияние покупателей. Каждый из факторов, характеризующих конкуренцию на рынке оценивается экспертами по балльной шкале с учетом их значимости (вес). Кроме того, на этапе анализа факторов конкуренции осуществляется прогноз развития конкуренции на рынке на основе прогнозных оценок изменения действия каждого из факторов	Качественная информация о степени конкуренции на рынке отрасли и прогнозе ее изменения, полученная от экспертов, вполне достаточна для анализа ситуации в отрасли и тенденций ее изменения при разработке маркетинговой стратегии фирмы. В качестве экспертов могут привлекаться менеджеры и ведущие специалисты предприятия	Субъективность оценки экспертов	Предлагаемая методика может быть использована при проведении маркетинговых исследований конкуренции на отраслевых рынках
В соответствии с методология МАП	Для оценки состояния конкурентной среды на товарных рынках проводится расчетно-аналитическая работа по определению: – продуктовых границ товарного рынка; – субъектов товарного рынка (количества и состава продавцов и покупателей); – географических границ товарного рынка; – объема товарного ресурса рынка; – доли хозяйствующего субъекта на рынке; –количественных показателей структуры товарного рынка	Всесторонняя и более полная оценка рынка и его состояния. Наличие мелодических рекомендаций, официальных пояснений и четкой технологии проведения анализа конкурентной среды. Наличие норм определяющих интенсивность конкурентной среды отраслевого товарного рынка	Сложность получения необходимой для анализа информации (коммерческая тайна). Безопеляционность полученных при анализе данных Использование двух коэффициентов интенсивности конкуренции с двусмысленной интерпретацией	При анализе состояния конкурентной среды на федеральных и региональных товарных рынках; При разработке программы мер по преодолению барьеров входа на товарные рынки. При рассмотрении дел о нарушении антимонопольного законодательства

Объективной основой для оценки конкурентной среды отраслевого рынка является положение хозяйствующего субъекта в отрасли либо на соответствующем товарном рынке, определяемое объемом товарных ресурсов предприятия. Следует отметить, что обе рассмотренные методологии оценки конкурентной среды отраслевого товарного рынка, в какой-то, степени являются схожими. В основе данных методологий лежит определение количества конкурентов, их доли, барьеров, потребителей, другими словами, оценка тенденции развития данного рынка. Такая ситуация является следствием того, что все элементы любого рынка в целом и конкурентной среды в частности не являются изолированными друг от друга. Их совокупное действие, проявляющееся в конкретных рыночных ситуациях, трудно расчленить на отдельные составляющие, что вызывает определенные сложности при оценке взаимодействия данных элементов.

При этом негативной составляющей методологии, предложенной М. Портером, является субъективность экспертной методики, на которой и строится оценка сил, влияющих на конкурентную среду отраслевого товарного рынка. Методология УФАС РФ более конкретна и одновременно с качественной оценкой рынка, осуществляется расчет количественных показателей интенсивности конкуренции на рынке. Узким местом данной методологии является ее некоторая оторванность от современной экономики. Так, с 1996 г. данная методология не была пересмотрена, в связи с этим она не позволяет учитывать современные формы развития торговли. В основе количественной оценки конкурентной среды лежит расчет всего двух коэффициентов, которые достаточно грубо оценивают ситуацию на рынке и могут показывать разнонаправленность в оценки степени монополизации рынка.

Так CR-4 представляет собой общую долю четырех первых предприятий рынка, реализующих максимальные объемы продукции на рассматриваемом рынке. Использование в его расчете долей участия фирм устраняет влияние общего укрупнения производства. При этом также не снижаются помехи, вызванные ростом цен: чаще всего такой рост происходит во всей отрас-

ли, и тогда при расчете он элиминируется; если же быстрее растут цены ведущих компаний, то можно предполагать, что это связано с использованием ими своего исключительного положения, тогда повышение CR-коэффициента не будет существенно искажать реального состояния конкуренции.

Другим известным подходом, частично лишенным этого недостатка и применяемым в оценках, проводимых ГКАП РФ, является оценка распределения рыночных долей с помощью суммы квадратов рыночных долей конкурентов – индекса Херфиндала. Данный индекс не учитывает ранг предприятия и, следовательно, его применение может быть неоднозначным. В этой связи рядом исследователей предлагается проводить дополнительную оценку экономической концентрации по различным коэффициентам, позволяющим с разных позиций судить об уровне развития конкуренции.

Отмеченные недостатки устраняются расчетом других коэффициентов:

– индекса Розенблюта, который рассчитывается с учетом порядкового номера предприятия, полученного на основе ранжирования долей от максимума к минимуму;

– показателя энтропии, характеризующего степень беспорядка и неуверенности на рынке. Коэффициент достигает своего максимального значения, если все фирмы будут одинаково представлены на рынке. Его исключительное преимущество в возможности декомпозиции - измерении энтропии внутри групп отрасли и между ними;

– индекса А. В. Барышевой, разработанного на основе оценки концентрации производства и учитывающего долю крупнейших предприятий в их общем числе. Данный коэффициент является показателем относительной концентрации, так как «речь идет не об абсолютных размерах производства на предприятии, а о том, насколько сосредоточено производство определенного товара на крупнейших предприятиях».

Коэффициенты территориальной концентрации тесно связаны с показателем локализации. В промышленности индексы локализации следует рассчитывать, исходя из числа работников, занятых в отдельной отрасли, и общего числа занятых во всей обрабатывающей промышленности по краю или региону и в целом по стране.

Для уточнения неравенства между лидирующими на рынке продавцами или производителями можно использовать индекс Линда, который определяет возможные границы олигополии.

Некоторыми отечественными экономистами в дополнение к индексу Линда предлагается рассчитывать степень неравномерности распределения долей между участниками отраслевого рынка, которая определяется показателем неравнозначности конкурентов.

Использование дополнительных коэффициентов позволит получить более качественную оценку конкурентной среды отраслевого товарного рыка и поможет избежать противоречий между их интерпретацией.

Данные инструменты оценки конкурентной среды должны использоваться в комплексе и позволяют произвести достаточно полную оценку степени монополизации или интенсивности конкуренции на отраслевом рынке.

Таким образом, целесообразно применять комплексный подход к оценки конкурентной среды отраслевого товарного рынка, который должен включает достоинства рассмотренных методологий и позволит избежать рассмотренных недостатков. Таким образом, для оценки конкурентной среды отраслевого товарного рынка можно предложить следующую комплексную методику, представленную на рисунке.

Предлагаемая методика содержит 13 последовательных этапов:

1. Определение продуктовых границ товарного рынка. Определение продуктовых границ рынка представляет собой процедуру определения товарной группы, т. е. группы товаров, рынки которых расцениваются как один товарный рынок и в дальнейшем будет подвергнут анализу.

2. Определение товарной группы должно проходить ряд следующих этапов: классификаторов продукции, услуг, видов деятельности; определение взаимозаменяемости по производству; определение взаимозаменяемости по потреблению.

3. Определение географических границ рынка. Географические границы товарного рынка определяют территорию, на которой покупатели из выделенной группы имеют экономическую возможность приобрести рассматриваемый товар и не имеют такой возможности за пределами этой территории.

4. Определение состава продавцов и покупателей. На данном этапе происходит выявление всех продавцов, функционирующих на товарном рынке, поле деятельности которых входит в определенные продуктовые границы. Также осуществляется выявление групп покупателей, приобретающих товар у конкретных продавцов. При этом критерием выявления покупателей является тот факт, что каждый из покупателей выделенной группы может приобрести товар у любого из продавцов, реализующих товар на определенном товарном рынке.

5. Определение распределения долей между хозяйствующими субъектами рынка, поставляющими продукцию на рынок. Определение доли, занимаемой на рынке, возможно несколькими способами в зависимости от вида доступной информации: по объему реализации; реальной емкости рынка или реализованной на рынке продукции; частоте встреч.

6. Оценка интенсивности конкуренции в отрасли. На данном этапе производится оценка количественных показателей, характеризующих структуру товарного рынка, к ним относят:

1) численность продавцов, действующих на данном товарном рынке;

2) доли, занимаемые продавцами на данном товарном рынке;

3) показатели рыночной концентрации:

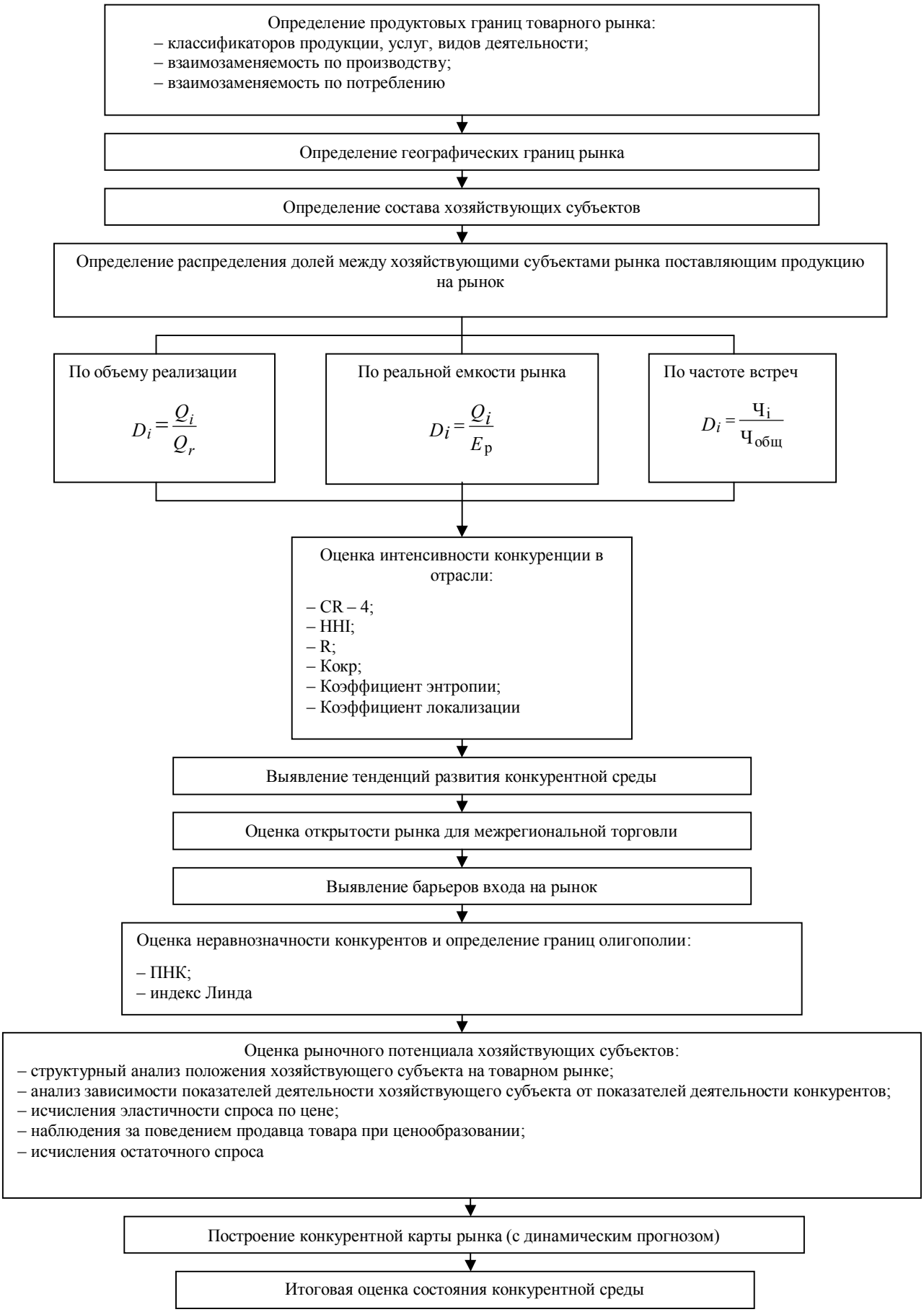
– четырехдольный показатель концентрации;

– индекс Грфенделя–Гершмана;

– индекс Розенболюта;

– коэффициент относительной концентрации рынка;

– коэффициент энтропии и др.



Комплексная методика оценки конкурентной среды

7. Выявление тенденций развития конкурентной среды. На данном этапе производится оценка дальнейшего развития рынка на основе динамических изменений интенсивности конкуренции в отрасли. Оценка развития производится минимум за три временных периода анализа.

8. Оценка открытости рынка для межрегиональной торговли. Здесь оценивается возможность входа на товарный рынок продавцов из других регионов, что существенно снижает рыночную концентрацию, сокращает долю, занимаемую на рынке местными (отечественными) продавцами. Напротив, слабая включенность рынка в межрегиональный обмен усиливает концентрацию на рынке и увеличивает долю, занимаемую на нем местными (отечественными) продавцами, со всеми вытекающими отсюда последствиями для покупателей. Ориентировочно степень открытости рынка для участия в межрегиональной торговле можно оценить по доле ввезенной продукции в общем, объеме реализации (поставки) на конкретном товарном рынке.

9. Выявление барьеров входа на рынок. Анализ барьеров предлагается осуществлять на основе экспертного опроса и матрицы сопряженности качественных показателей конкурентной среды рынка.

На данном этапе оцениваются следующие виды барьеров:

– экономические и организационные ограничения;

– административные ограничения;

– неразвитость рыночной инфраструктуры;

– влияние вертикального объединения действующих организаций на рынке;

– стратегия поведения действующих на рынке хозяйствующих субъектов;

– барьеры, основанные на абсолютном превосходстве в уровне затрат;

– ограничения по спросу;

– барьеры капитальных затрат или объемы первоначальных инвестиций, необходимых для входа на товарный рынок и др.

Перечень факторов, анализируемых в процессе выявления барьеров входа на товарный рынок, может быть шире (или уже) перечисленного, отличаться от него, в связи с отраслевыми и региональными особенностями.

10. Оценка неравнозначности конкурентов и определение границ олигополии. Задачи этого этапа решаются по средством расчета двух коэффициентов: ПНК (показатель неравнозначности конкурентов); индекса Линда.

11. Оценка рыночного потенциала хозяйствующих субъектов. При наличии неблагоприятных структурных предпосылок для развития конкуренции на товарных рынках необходимо проанализировать поведение хозяйствующих субъектов, занимающих наибольшую долю на рынке, по отношению к своим конкурентам, что позволит выявить наличие (отсутствие) у них рыночного потенциала.

12. Построение конкурентной карты рынка (с динамическим прогнозом). Здесь осуществляется расчет конкурентной карты рынка, при этом должны рассматриваться динамические изменения конкурентной карты за ряд лет (три года).

Конкурентная карта позволяет относительно верно определить соотношение сил на рынке и выявить маркетинговые задачи по положению фирмы в каждой ячейке матрицы, установить текущих и перспективных конкурентов, наметить рекомендации по выбору стратегии конкуренции.

13. Итоговая оценка состояния конкурентной среды. Сопоставление и анализ количественных и качественных показателей, характеризующих структуру товарного рынка, позволяет более точно определить, какому типу рыночных структур принадлежит рынок изучаемого товара, и оценить степень развитости (или неразвитости) конкуренции на данном рынке.

Таким образом, следует отметить, что предложенная методика оценки конкурсной среды рынка является комплексом, объединяющим две рассмотренные методологии и большого числа разрозненных коэффициентов, характеризующих концентрацию на рынке. Положительным моментом методики можно отметить возможность проводить анализ на разных стадиях воспроизводственного цикла, включая всех субъектов рынка, участвующих в обращении изучаемого товара. Также немаловажным является возможность проведение не только количественной оценки изменений в конкурентной среде отраслевого товарного рынка, но и проведение качественной оценки его развития, определение входных барьеров и перспектив различных конкурентов в ближайшей перспективе. Однако следует отметить и тот факт, что эта методика является информационно емкой, при этом помимо положительного момента (более точные значения характеристик рынка) существует и отрицательный момент, выражающейся в сложности получения необходимой информации и необходимости для оперативного анализа формировать базу данных за промежуток лет (3–5 лет).

Применение данной методики актуально для хозяйствующих субъектов рынка, как система, которая позволит понять собственную позицию на рынке и сформировать стратегию деятельности компании с учетом силы своих конкурентов. Применение данной методики в рамках работы УФАС РФ позволит более тонко чувствовать конкурентную среду отраслевого товарного рынка и более корректно принимать решения относительно элементов государственного регулирования ее состояния.

Библиографический список

1. Российская Федерация. МАП. Об утверждении порядка проведения анализа и оценки состояния конкурентной среды на товарных рынках: приказ МАП РФ от 11 марта 1999 г. № 71 // Рос. газ. 1999. 12 марта

2. Азоев, Г. Л. Конкурентные преимущества фирмы / Г. Л. Азоев. М. : ОАО «Типография «Новости», 2004. 253 с.

3. Шкардун, В. Д. Методика исследования конкуренции на рынке / В. Д. Шкардун // Маркетинг в России и за рубежом. 2006. № 4. С. 45–54.

V. V. Vingert

TECHNIQUE OF THE ESTIMATION OF THE COMPETITIVE ENVIRONMENT OF THE BRANCH COMMODITY MARKETS

It is given the consideration of analytical maintenance of studying of the competitive environment of the branch commodity markets that will provide all-round understanding of the market and a market position of managing subjects on it, will allow defining efficiency of their strategic decisions.

Раздел
5

ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ

УДК 316.334.2

М. С. Негрова

ПОЛИТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СТАБИЛЬНОСТИ СОВРЕМЕННОГО РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)

Освещена проблема политических факторов региональной стабильности. Пользуясь методами экспертного опроса и анализа индикаторов, автор объясняет природу стабильности на примере Красноярского края. Особая роль в поддержании стабильности отведена региональным политическим институтам.

В последние годы в современном российском обществе наблюдаются доверие населения власти, повышение уровня жизни, консолидация вокруг единого центра управления и многое другое, согласно чему можно было бы заключить, что после кризиса 90-х установилась стабильность. Тем не менее, обсуждаемая стабильность по нашему мнению является относительной. Дело в том, что в основе российской стабильности лежит мировая экономическая конъюнктура цен на основные природные ресурсы, а не эффективное стратегическое управление, а по причине неустойчивости этой конъюнктуры, экономическая и социальная стабильность общества может быть нарушена.

Особое место при анализе стабильности занимают политические факторы, понимаемые автором как политические движущие силы стабилизационных процессов, явление или процесс, обуславливающие системообразующие и системоизменяющие тенденции в общественной системе [1; 2]. Политическими факторами стабильности общества являются политические институты, приобретающие специфику в зависимости от исследуемого региона (общества), а также эффективность и легитимность власти, проявляющаяся в действиях институтов и уровне доверия к ним со стороны населения.

В данной статье отражены результаты эмпирического исследования, проведенного автором летом 2006 г. в Красноярском крае[1] и анализа ряда индикаторов, позволяющих оценить социальную стабильность.

В социологии под индикаторами понимаются эмпирические показатели признака измеряемого объекта [3]. Следовательно, индикаторы стабильности общества – это эмпирические характеристики стабильности. Кратко перечислим характеристики социальных процессов, которые могут быть взяты за основу анализа социальной стабильности:

– социальная дифференциация, социальная полярность, стратификация общества;

– гражданское общество, политическое участие;

– ценности членов общества;

– отсутствие вооруженных, национальных и политических конфликтов;

– участие субъекта федерации в формировании бюджета страны и др.

В качестве метода изучения роли политических факторов в поддержании социальной стабильности в Красноярском крае был выбран качественный метод экспертного опроса. В качестве экспертов выступали статусные представители научного сообщества, законодательной и исполнительной власти: заведующие кафедрами высших учебных заведений, профессора; депутаты Законодательного собрания края; руководители и специалисты департаментов администрации края. Первые сложились в таких областях научного знания, как социология, психология, философия, экономика и конфликтология, и в своей научной деятельности не могли не обращаться к проблеме данного исследования. Что касается экспертов от власти, то эффективность их работы напрямую влияет на общественную стабильность. Общее количество экспертов составило 14 человек (7 ученых и 7 представителей власти), что является репрезентативным для качественного исследования. Для подтверждения выдвинутых гипотез мы будем цитировать наиболее характерные высказывания экспертов относительно предмета исследования (в данной статье мы будем указывать лишь номер, под которым проходит опрашиваемый, и его принадлежность к власти (в.) или научному обществу (н.)). Приоритетным направлением исследования стало выявление политических факторов, позволяющих региону быть стабильным. Понимание стабильности в данном исследовании будет пояснено ниже.

Целесообразность выбора именно этого региона обусловлена качествами, приписываемыми ему экспертным (политологическим и социологическим) сообществом, – возможностью в миниатюре проследить и спрогнозировать некоторые процессы, характерные для Российской Федерации в целом, т. е. провести анализ стабильности исследуемого региона и экстраполировать выводы на все российское общество. Красноярский край сам по себе интересен своими особенностями, вызванными огромной занимаемой территорией, богатством природных ресурсов и инвестиционной привлекательностью. Не менее важно и то, что, исследуя социальную стабильность, необходимо обсуждать не общество в целом, так как понятие общества само по себе есть абстракция, а конкретную социальную или политическую систему, всестороннее исследование которой наиболее релевантно на уровне региона. В качестве политических факторов стабильности региона анализу подверглись политические институты, которые неразрывно связаны с эффективностью и легитимностью власти.

Переходя к анализу индикаторов стабильности, необходимо отметить, что полные данные о социальной стратификации в Красноярском крае отсутствуют, однако, ее можно проследить по сферам, в которых занято население, уровню доходов, безработице и социальной полярности. Уровень безработицы в регионе по данным управления Федеральной государственной службы занятости по Красноярскому краю к 2005 г. относительно прошлых лет снизился на 20 % и в среднем по краю составил 3,1 %, что ниже средних показателей по Сибирскому ФО (3,3 %).

[1] В декабре 2007 – январе 2008 гг. автором был проведен опрос экспертов.

Если же сравнивать уровень безработицы с 2004 г., то она снизилась на 2 %. Мы связываем эту тенденцию с реализацией ряда крупных инвестиционных проектов на территории края (см. Конценцию корпорации развития Красноярского края на официальном Интернет-портале «Красноярский край» (http://www.krskstate.ru), что находит подтверждение в словах экспертов: «Наш край становится все более стабильным. И для этого есть объективные показатели. Когда мы говорим об инвестиционной привлекательности региона, то очень солидные инвесторы в первую очередь рассматривают возможность вложения своих инвестиций с точки зрения экономической стабильности. Наш край по рейтингу за последние два года поднялся на пару ступенек вверх, т. е. надежность экономическая, будем говорить, ответственность перед теми инвесторами, которые будут и уже вкладывают ресурсы в наш край, позволяют им сделать такой вывод. Это признано на третьем российском инвестиционном форуме, который проводился в нашем городе» (эксперт № 1, н.).

Для того чтобы не сложилась обратная ситуация – дефицита работников, край участвует в программе переселения соотечественников[1]. Красноярский край вошел в самую благоприятную по содействию переселяющимся в миграции категорию А и, следовательно, участникам будут компенсированы затраты на проезд, выплачено единовременное пособие и будет предложено арендовать квартиру или вступать в программы ипотечного кредитования. Некоторые районы готовы предоставить земельный участок под строительство собственного дома.

Красноярский край, таким образом, является перспективным и инвестиционно привлекательным регионом с постоянно растущим уровнем жизни населения, и тенденция роста доходов населения в свете грядущих проектов должна сохраниться. Но необходимо отметить, что рост доходов не отменяет проблему социальной полярности. Большинство экспертов выразили тревогу относительно этого вопроса: «Не скрою, что есть очень много факторов, которые не дают большого основания в части стабильности. Это всем известное очень серьезное расслоение в нашем обществе по имущественным показателям, когда более трети населения нашего края фактически живет за чертой бедности. И в этих условиях рассчитывать на высокий уровень стабильности не приходится, если дальше будет сохраняться такая обстановка (эксперт № 1, н.).

Если рассматривать такие важнейшие проблемы и угрозы стабильности, как малую плотность населения, безработицу, социальную полярность и пр., то в регионе они присутствуют. Вопрос, решит ли курс развития региона, предложенный администрацией Красноярского края, данные проблемы, или еще больше усилит разрыв между богатыми и бедными, остается открытым. Предполагаем, что социальные проблемы могут разрешиться с формированием и поддержкой среднего класса. Он неразрывно связан с социальной стабильностью и может по праву считаться одним из важных факторов стабильности, а его наличие является индикатором общественной стабильности. По социальной стратификации можно судить о состоянии общества, уровне его развития и стабилизационных процессах. Развитое стабильное общество предполагает малую численность бедного и богатого населения, и большой процент граждан со средним доходом и уровнем жизни. Спрос на специалистов с высшим образованием в промышленном секторе, достойная оплата такого труда позволят значительно поддержать и даже увеличить средний класс, в том числе и за счет миграции. Проблему оттока квалифицированных молодых специалистов из региона призвана решить программа «Золотой кадровый резерв Красноярского края».

Наличие эффективных властных институциональных механизмов является основой стабильности, позволяющей обществу развиваться, не выходя за пределы структурной устойчивости системы как целого [2], поскольку сама природа политических институтов несет в себе стабилизационные механизмы. К политическим институтам относятся институты власти и участия. В крае за долгие годы сформировались и действуют такие институты власти, как законодательное собрание Красноярского края, включающее 52 депутата, и администрация, состоящая из совета и департаментов. Особого внимания заслуживает институт губернаторства. Законодательное собрание действует в крае с 1993 г., за это время состав и численность предыдущих трёх созывов значительно менялись. На последних выборах[2] в Законодательное собрание (ЗАКС) из прошедших партий явное большинство составила «Единая Россия» (49,0 % – 25 депутатов). Также имеются КПРФ (15,7 % – 8), «Справедливая Россия» (9,9 % – 5), ЛДПР (5,8 % – 3) и СПС (3,9 % – 2). Из 51 депутата в ЗАКС прошли 8 независимых, выдвинутых избирателями округов, по которым проходили данные депутаты (15,7 %). Такое соотношение помимо всего прочего говорит о встроенности Красноярского края в систему вертикали власти. Если оценивать эффективность законодательного собрания, то законотворческая деятельность ведется в крае на высоком уровне по сравнению с другими регионами страны, хотя эксперты от науки видят мало пользы от этого органа, называя его «говорильней». Так, уместно привести такое высказывание: «Ведущая роль, конечно, у исполнительной власти. Местная законодательная власть влияет слабо. Она не компетентна, потому что масштаб разворачивающихся здесь событий существенно выше компетенции местной законодательной власти» (эксперт № 11, н.).

Иные экспертные оценки давались институтами исполнительной власти. Интересно, что если на федеральном уровне институт президентства является залогом стабильности, то в Красноярском крае в сознании

[1] При опросе экспертов в декабре 2007 – январе 2008 гг. была получена информация о том, что на данный момент был переселен всего 1 человек из 2 283, не считая 6 849 членов семьи.

[2] Выборы в Законодательное собрание четвертого (первого в объединенном Красноярском крае) созыва прошли в Красноярске 15 апреля 2007 г.

экспертов совет и департаменты трансформировались в единую «команду Хлопонина»[1], эффективной работой которой эксперты из научного сообщества объясняют стабильную ситуацию в крае: «Сегодня не столько обеспечивает эту стабильность личность Хлопонина Александра Геннадьевича, сколько команда тех людей, которые сюда направлены, частично набраны из местных. В основном они все на своих местах» (эксперт № 9, в.).

Следует рассмотреть слагаемые эффективности и легитимности региональной власти. Значимыми в данном вопросе, помимо прочего, являются авторитет губернатора и его лояльность центру, что влияет на решение многих вопросов, даже таких, как определение края площадкой для реализации идеи создания Национального университета. Подтверждение этому мы находим в оценке эксперта № 1(н.): «Претендентов было много, в том числе Новосибирск, Иркутск, Томск, но, не в последнюю очередь, под влиянием авторитета нашего губернатора вопрос этот был решен в пользу Красноярска».

Не только этот случай говорит об использовании края для апробации и легитимации разного рода нововведений. Значимыми вехами, определившими дальнейшую политику региона и наметившими курс для федерации, стали фактическое назначение губернатора и объединение Красноярского края, Эвенкийского и Таймырского автономных округов. В Красноярском крае мы можем наблюдать эффективную реализацию легитимации политического режима в стране, когда усиливается вертикаль власти и выстраивается федерализм с сильным центральным управлением.

Высокая явка на референдум и одобрение со стороны граждан объединения Эвенкии, Таймыра и Красноярского края обусловлены полноценным использованием административного ресурса, начиная от встреч заместителей губернатора с руководителями общественных организаций и объяснения им пользы от объединения до персональных напоминаний о референдуме. Решение об объединении вступило в силу с января 2007 г. и уже принята программа социально-экономического развития нового субъекта федерации до 2010 г. Приоритетным направлением этого документа является развитие социальной сферы через промышленный сектор. В частности, в регионе реализуется проект «Комплексное развитие Нижнего Приангарья», целью которого является создание на обширной малонаселенной территории нового промышленного района в Восточной Сибири. Несомненно, главный позитивный эффект от объединения должен проявиться в будущем в интеграции экономики и освоении многочисленных ресурсов.

Край примечателен не только тем, что здесь эффективно реализуются крупные инвестиционные проекты, но и своей молодежной политикой. Ежегодные конкурсы, такие как «КМ-форум», «Золотой кадровый резерв» и «Губернаторский бал», строительные отряды и прочее привлекают внимание молодежи к региональной власти и общественной жизни края. Степень сотрудничества молодежи с политическими институтами является важным показателем доверия населения власти и, следовательно, ее легитимности. Желание власти легитимироваться порождает имеющуюся молодежную политику.

Институты участия могут называться таковыми лишь формально из-за управляемости со стороны власти и безынициативности самих народных масс, доказательством чего может служить референдум об объединении Красноярского края, Эвенкии и Таймыра. При этом преследовались такие цели, как, во-первых, дальнейшая отстройка и налаживание вертикали власти за счет редуцирования субъектов федерации, что позволяет сделать регионы более управляемыми, во-вторых, облегчение работы промышленного сектора в связи с реализуемой прокладкой нефтепровода и освоением Приангарья, в-третьих, усиление дотационных северных регионов за счет региона-донора. Эксперты в своих оценках референдума либо одобряли идею объединения, либо относились к этому нейтрально. И те, и другие ссылались на то, что раньше край был единым, а произошедшее в 1992 г. разъединение негативно сказалось на развитии региона, нарушив наработанные связи. Приводим наиболее характерные оценки экспертов:

– «Объединение хорошо для инвесторов и для тех, кто хочет разворачивать бизнес на территории края. Уменьшается количество согласований, инстанций и это всегда благо, а, следовательно, и облегчается инвестиционный режим и вслед за экономическими позитивами придет и ощущение стабильности» (эксперт № 6, в.);

– «Это очевидный экономический рост и приток инвестиций, за которыми последует рост бюджета» (эксперт № 7, в.).

Лишь один эксперт, представляющий власть (№ 14), отметил преждевременность каких-либо прогнозов и выводов относительно произошедшего объединения: «Процессы долговременные и последствия долго еще сказываются. Я думаю, что пока рано говорить. Сейчас у нас идет переходный период, но если говорить об объединении текущих проблем, то здесь позитивного мало». Среди рисков называется присоединение к имеющимся проблемам северных округов.

Помимо административных ресурсов, упомянутых ранее, средства массовой информации также по праву считаться ресурсом, используемым властью для удержания своего статуса. Региональные средства массовой информации не являются самостоятельной силой в жизни общества, а целиком и полностью подконтрольны власти. Эксперты объясняют сложившуюся ситуацию отсутствием самостоятельных финансовых источников для финансирования оппозиционных мнений и партий: «Здесь невозможно иметь газету или радиостанцию наподобие «Эха Москвы» с независимым финансированием. Поэтому собственно говоря, фактор стабильности один – полная зависимость всей элиты и всей информационной структуры от власти» (эксперт № 6).

Действия институтов участия можно проиллюстрировать на примере двух крупных корпораций действующих на территории края – РУСАЛа и «Норильского никеля».

[1] Такое обозначение встречается у 90 % экспертов.

Борьбу между ними можно было наблюдать на губернаторских выборах в 2002 г., когда от РУСАЛа кандидатом был выдвинут председатель Законодательного собрания края А. В. Усс, а от «НорНикеля» бывший топ-менеджер этой компании, губернатор Таймырского АО А. Г. Хлопонин. Действия федеральной власти в отношении сложившейся на тот момент ситуации, а, как известно, президент России В. В. Путин поддержал А. Г. Хлопонина, позволяют думать, что реальная политическая борьба сводится к борьбе элит между собой за ресурсы выхода на Кремль. Последовательное влияние центра на регион консолидирует политические институты вокруг одних целей, что позволяет им быть более эффективными. Другими словами, политическим институтам необходимо придерживаться одной политической линии. Оценку этому дает эксперт № 13 (в.): «Стабилизация – вещь взаимоувязанная и процесс стабилизации зависит от работы всех политических институтов в единой упряжке и отсутствии противоречий». Из всего сказанного выше можно сделать вывод, что политические институты в совокупности с эффективностью и легитимностью власти задают динамику стабилизационным процессам в обществе.

Анализ политических факторов и индикаторов стабильности показал, что социальная ситуация в крае недостаточно стабильна, что ставит под угрозу стабильность региона в целом. Обратимся к экспертным оценкам по данному вопросу. Большинство экспертов рассматривали край как стабильный с поправкой на то, что эта стабильность относительная: «В принципе по российским меркам Красноярский край входит в число стабильных регионов. Я бы сказал, что регион является относительно стабильным. У нас в России ничего стабильного сейчас нет. Но край по российским меркам стабильным является» (эксперт № 10, н.).

Некоторые эксперты весьма категорично позиционировали регион как нестабильный:

– «Социальной стабильности нет, конечно, как и во всей России. Потому что, так же как и во всей России диспропорция жуткая по доходам населения, по распределению бюджетных средств. В том числе и общефедерального бюджета. Диспропорция большая очень по инфраструктуре. Сравнить европейскую часть... Так что далеко до стабильности. Потому что под стабильностью мы подразумеваем некий стандарт. До тех стандартов, которые пропагандируют нам, очень далеко» (эксперт № 6, в.).

– «Нынешняя ситуация в России представляет собой власть компрадорско-мафиозной буржуазии плюс деиндустриализация и дебилизация всей страны. Ни одну проблему, в то числе и в рамках объявленных проектов, решить последовательно нельзя в условиях существующих отношений» (эксперт № 5, н.).

Показательно, что представители исполнительной власти чаще, чем представители научного сообщества и власти законодательной, склонны определять регион стабильным. Вероятнее всего, характеризуя регион, они дают оценку своей работе, так как стабильность общества в большей степени зависит от эффективности их работы.

Возвращаясь к разговору о социальной стратификации, можно сказать, что на данный момент стабильность региона и всей России держится не на среднем классе в привычной интерпретации данного понятия, так как он малочислен и зачастую не интересуется политической жизнью страны, а на больших массах населения, чье образование и доходы зачастую далеки от требований, предъявляемых к среднему классу. Политическая апатия среднего класса устраивает как власть, так и представителей класса. Политики бесконтрольно занимаются, чем хотят под лозунгом «политикой должны заниматься профессионалы», а финансово успешная часть среднего класса свои заслуги приписывает себе, а не политическому курсу.

В российской действительности обсуждать влияние данной группы на политические и социальные процессы бессмысленно до тех пор, пока численность среднего класса не составит большинство и пока не заработают механизмы гражданского общества. А пока в России большая часть жителей находятся за чертой бедности и велика полярность между крайними показателями стратификации российского общества

Проведенное исследование позволяет на примере Красноярского края подтвердить наш тезис об относительной стабильности российского общества и высокой значимости политических факторов для стабильности современного российского общества. При этом Красноярский край находится в более благоприятной обстановке чем многие другие субъекты федерации. В то же время социальная ситуация, сложившаяся в стране, накладывается на исследуемый регион, что позволяет считать его относительно стабильным. Есть вероятность, что такая стабильность несет в себе угрозу в отдаленном будущем. Другими словами, стабильность, складывающаяся перечисленными методами, дает быстрые результаты в создании устойчивости, но со временем она же может выступить дестабилизатором из-за исчерпания природных ресурсов, нарастания недовольства со стороны населения, чьи политические взгляды, система ценностей и доход не укладываются в формируемую модель стабильности. Особенно остро эта проблема может проявиться в связи с грядущим электоральным циклом. На данный момент предотвращать угрозу стабильности российского общества необходимо с помощью создания благоприятных условий для увеличения среднего класса и малого бизнеса через экономические и правовые меры, концентрацию на политических факторах стабильности, особенно на развитии политических институтов, гражданского общества и стратегическом управлении.

Таким образом, обсуждая формирование гражданского общества в российской действительности, важно отметить высокую значимость активности не стольео властных институтов, сколько самих граждан, на которых лежит высокая ответственность перед будущим.

Библиографический список

1. Виноградов, В. Д. Политическая социология / В. Д. Виноградов, Н. А. Головин. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1997. 176 с.

2. Савин, С. Д. Политическая стабильность в изменяющемся обществе : дис. / С. Д. Савин. СПб. : Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та, 2003. 195с.

3. Кравченко, С. А. Социологический энциклопедический русско-английский словарь / С. А. Кравченко. М. : АСТ, 2002. 512 с.

M. S. Negrova

POLITICAL FACTORS OF STABILITY OF THE SOCIETY (ON THE EXAMPLE OF KRASNOYARSK REGION)

It is considered the problem of political factors of regional stability. Using methods of expert questionnaires and analysis of indicators the author explains nature of stability on the example of Krasnoyarsk Region. Particularly the regional political institutes are considered in the support of stability.

УДК 316.33

Т. О. Яценко

СОБОРНАЯ ЛИЧНОСТЬ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Рассмотрены институциональное оформление социальности и соборная личность как социальный институт.

Понятие «институт» (от лат. institutum – установление, учреждение) было заимствовано социологией из юриспруденции, где оно означало совокупность правовых норм, регулирующих определенные общественные отношения (институты наследования, брака и т. д.). В социологии понятие «институт» сохранило эту смысловую окраску, однако приобрело толкование в плане обозначения некоторого особого типа устойчивой регламентации социальных связей и различных организационных форм социального регулирования поведения субъектов. В социальной философии эта категория соотносится не только со сферой права, но и с другими областями социальной жизни, общественными отношениями, которые участвуют в процессе социального оформления общества. Социальными институтами признаются собственность, государство, политические партии, семья, церковь, трудовые организации, учреждения образования и воспитания, наука, средства массовой информации.

Институциональный аспект функционирования социума является традиционной областью интересов социологической науки. Он находился в поле зрения мыслителей, с именами которых связывается ее становление: М. Вебер, Э. Дюркгейм, О. Конт, Г. Спенсер и др.

Институциональный подход О. Конта к изучению социальных явлений вытекал из философии, когда одним из объектов анализа социолога выступал механизм обеспечения в обществе солидарности и согласия. «Для новой философии порядок всегда составляет условие прогресса и обратно, прогресс является необходимой целью порядка» [1]. О. Конт характеризует основные социальные институты (семью, государство, религию) с позиции их включения в процессы социальной интеграции и выполняемых при этом функций. Социальная статика О. Конта опиралась на положение о том, что институты, верования и моральные ценности общества функционально взаимосвязаны, и объяснение любого социального явления в этой целостности подразумевает нахождение и описание закономерностей его взаимодействия с другими явлениями. Метод О. Конта, его обращение к анализу важнейших социальных институтов, их функций, структуры общества оказали значительное влияние на дальнейшее развитие социологической и философской теорий.

Свое продолжение институциональный подход к исследованию общественных явлений получил в трудах Г. Спенсера. Именно он впервые в социологической науке употребил понятие «социальный институт». Задача выживания общественного организма в условиях его социальной эволюции и усложнения социальной структуры общества порождают, по Г. Спенсеру, необходимость формирования особого рода социального института, который позволяет регулировать процесс социализации в обществе. Г. Спенсер пишет, что «рядом с развитием, которое делает заметным отделение производящей части от регулирующей, происходит развитие и самой регулирующей части. Общественные обязанности начальника, вначале соединившего в своем лице царя, судью, полководца и часто жреца, все больше и больше специализируются по мере того, как увеличивается, и усложняется самообщество. Оставаясь верховным судьей, он исполняет правосудие большею частью через своих помощников; он остается номинально главой своей армии, но действительное предводительство все больше и больше переходит в руки подчиненных лиц; сохраняя жреческое первенство, он в действительности почти перестает исполнять обязанности жреца; в теории он считается исполнителем и законодателем закона, но в действительности законодательство и управление все больше и больше переходит в другие руки» [2].

Следовательно, из первоначально координирующей силы – социального института, развивается несколько координирующих сил, которые оформляют социальность общества. Кроме того, все институты, как части единой общественной системы, подчиняются согласованности элементов всякой данной группы общественных явлений между собою, и потому нарушения в одном институте отражаются на функционировании других. Следует всегда иметь также в виду, считает Г. Спенсер, что каждый институт исполняет свои определенные функции. Если почему-либо он начинает на себя брать функции других институтов, то это грозит нарушением равновесия всей системы и ее возвратом к примитивной недифференцированной функции и к архаическим и сверхцентрализованным способам координации и управления.

Итак, у Г. Спенсера, всякий социальный институт складывается как выполняющая определенные функции устойчивая структура оформления социальности общества и общественных отношений.

Заметное внимание рассмотрению ряда социальных институтов уделял К. Маркс, который анализировал институт майората, разделение труда, институты родового строй, частной собственности и т. п. Он понимал институты как исторически сложившиеся, обусловленные социальными, прежде всего производственными, отношениями формы организации и регулирования социальной деятельности.

При дальнейшем развитии учения о социальных институтах Т. Веблен, А. Грачи, М. Ориу, Ж. Ренар, Р. Хейлброннер и другие рассматривают социальные институты как группы людей, объединенных какой-либо идеей, чувством солидарности и т. д. для выполнения какой-либо функции [3]. А в категориальном виде – как систему социальных ролей, организующую поведение людей и социальные отношения между ними.

Во второй половине XX столетия складываются характерные для американской социально-философской мысли взгляды на социальный институт как на систему социальных ролей, организованную систему поведения и социальных (общественных) отношений. К примеру, Т. Парсонс строит концептуальную модель общества, понимая ее как систему социальных отношений и социальных институтов. Причем последние трактуются как особым образом организованные «узлы», «связки» социальных отношений. В этой теории социальные институты выступают и в качестве особых ценностно-нормативных комплексов, регулирующих поведение индивидов, и в качестве устойчивых конфигураций, образующих статусно-ролевую структуру общества. Институциональной структуре при этом придается важнейшая роль, поскольку именно она призвана обеспечить социальный порядок в обществе, его стабильность и интеграцию.

В наиболее распространенных теоретических представлениях, которыми оперирует функционализм, общество взято как система социальных отношений и специальных узлов, связок таких отношений (институтов). Система организуется в упорядоченное и самосохраняющееся целое общими образцами норм и ценностей, которые обеспечивают и взаимосвязанность ее частей, и последующую интеграцию целого [4].

Однако западные социологи при систематизации проблемы институционализации не исчерпали проблему осмысления роли социального института в оформлении общественных отношений. Одной из самых важных задач в данное время является задача выявления роли социальных институтов в логически большем по объему понятии, которое принято в современной социальной философией называть социальной структурой общества. Она, в свою очередь, является концепцией изучения понятия социального института и охватывает «...размещение всех отношений, зависимостей, взаимодействий разного ранга. В качестве элементов, которой выступают социальные институты, социальные группы и общности разных типов» [5].

В институционализме (институциональной социологии) социальное поведение людей изучается в тесной связи с существующей системой социальных нормативных актов и институтов, необходимость возникновения которых приравнена к естественноисторической закономерности. К представителям этого направления можно отнести П. Блау, Дж. Ландберга, С. Липсета, Ч. Миллса и др. Социальные институты, с точки зрения институциональной социологии, предполагают «сознательно регулируемую и организованную форму деятельности массы людей, воспроизведение повторяющихся и наиболее устойчивых образцов поведения, привычек, традиций, передаваемых из поколения в поколение. «Каждый социальный институт, входящий в определенную социальную структуру, организуется для выполнения тех или иных общественно значимых целей и функций» [6].

Структурно-функционалистские и институционалистские трактовки понятия «социальный институт» не исчерпывают представленных в современной социологии подходов. Имеют место и концепции, опирающиеся на методологические основания феноменологического или бихевиористского плана. Так, например, Дж. Хоманс. дает такую характеристику социальным институтам: «Социальные институты – это относительно устойчивые модели социального поведения, на поддержание которых направлены действия многих людей» [7]. По существу, Дж. Хоманс строит свою социологическую интерпретацию понятия «институт», опираясь на психологический фундамент.

Таким образом, в социологии и философии имеет место значительный массив концепций и определений социального института. Они различны в понимании как природы, так и функций институтов. Анализ зарубежной и отечественной научной литературы показывает, что в понимании социального института существует широкий набор версий и подходов. Отечественные социологи Л. Седов, Н. Коржевская считают возможным, вслед за западными теоретиками, дать понятию «социальный институт» однозначную трактовку, опирающуюся на одно ключевое слово (выражение). Л. Седов, например, характеризует социальный институт как «устойчивый комплекс формальных и неформальных правил, принципов, установок, регулирующих различные сферы человеческой деятельности и организующих их в систему ролей и статусов, образующих социальную систему» [8]. Н. Коржевская полагает что, «социальный институт представляет собой общность людей, выполняющих определенные роли на основе их объективного положения (статуса) и организованных посредством социальных норм и целей» [9]. Согласно данным высказываниям, социальный институт выступает как совокупность норм, предписаний и требований, связанных с определенной организационной структурой, посредством которых общество контролирует и регулирует деятельность людей в наиболее важных сферах общественной жизни.

Другой подход к проблеме функционирования социального института в социальной структуре общества представляют А. П. Огурцов и Я. Щепанский, которые рассматривают следующие структурные элементы социального института: цель и сферу деятельности института; функции, предусмотренные для достижения цели; нормативно-обусловленные социальные роли и статусы, представленные в структуре института; средства и учреждения достижения цели и реализации функций (материальные, символические и идеальные), включая соответствующие санкции [10]. Данные элементы социального института представляют собой совокупность социальных отношений.

Я. Щепаньский социальные институты представляет как «системы учреждений, в которых определенные люди, избранные членами групп, получают полномочия для выполнения общественных и безличных функций ради удовлетворения существенных индивидуальных и общественных потребностей и ради регулирования поведения других членов групп» [10], т. е. социальные институты выступаю регуляторами и стабилизаторами общественных отношений.

Весьма полную характеристику категории «социальный институт», учитывающую различные ее значения в тех или иных областях и направлениях философской и социологической мысли, дает А. П. Огурцов: социальный институт – определенная совокупность учреждений, соответствующих социальной структуре общества; совокупность социальных норм и культурных образцов, определяющих устойчивые формы социального поведения в соответствии с этими нормами. То есть оформление общественных отношений и их совершенствование происходит как социальными институтами, которые представляют собой социальные организации по обеспечению стабильности или прогресса в общественных отношениях, так и социальными институтами, которые представляют собой формально определенные и формально не определенные правила поведения.

В. М. Быченов пишет, что не всякое социальное явление можно назвать институтом, но нетрудно заметить, что, скажем, институт моногамной семьи и моногамная семья как социальное явление если не равнозначные совершенно, то не столь уж различные между собой категории [11]. Во многом, по его мнению, институт является стабилизирующим элементом социальной структуры общества. «Институты – это исторические продукты, чьи нормы, и лежащие в их основе опосредствующие ценности передаются от поколения к поколению, тем самым ограничивая и дочерчивая потенциальные сети косвенного обмена... Таким образом, институты представляют собой сеть относительно стабильных общих норм, регулирующих различные типы отношений косвенного и сложного обмена между различными индивидами» [11]. Таким образом, с точки зрения В. М. Быченкова, социальные институты играют важнейшую роль в социализации человека. При этом институциональное оформление социальности происходит так, чтобы наилучшим путем обеспечить передачу социального опыта от одного поколения к другому.

Есть и другие попытки дать однозначное толкование социального института, исходя, например, из норм и ценностей, ролей и статусов, обычаев и традиций и так далее. С нашей точки зрения, подходы такого рода не являются плодотворными, поскольку сужают понимание такого комплексного явления, каким выступает социальный институт, фиксируя внимание только на одной, представляющейся тому или иному автору важнейшей его стороне.

Под социальным институтом такие ученые, как Н. Смелзер, М. С. Комаров и др., понимают комплекс, охватывающий, с одной стороны, совокупность нормативно-ценностно обусловленных ролей и статусов, предназначенных для удовлетворения определенных социальных потребностей, и с другой – социальное образование, созданное для использования ресурсов общества в форме интеракции для удовлетворения этой потребности [12].

Итак, многообразие классификаций социальных институтов подчеркивает богатство оформления социальности общества. Социальность раскрывается в институтах семьи, воспитания, промышленных, регулятивных и охранительных институтах и других возможных институциональных оформлений социальности.

Соответственно, все это разнообразие оформлений социальности опосредуется способом производства общественной жизни и общественных отношений и институциональное оформление социальности складывается особенным образом в зависимости от типа общества и типа оформлений его социальности.

Так, О. Конт, Г. Спенсер и другие западные исследователи, рассуждая о роли социальных институтов в оформлении социальности общества, отмечают, что взаимодействие социальных институтов сводится к их противостоянию. Ведущая роль при этом принадлежит формально определенным институтам как проявлениям социальности государственной власти, соответственно, формально не определенные институты, находятся у них в подчинении.

К примеру, И. Кант отмечает, что оформление социальности общества должно происходить с учетом того, что, во-первых, право касается лишь внешних, и притом практических, отношений между лицами, поскольку их поступки как действия могут иметь (непосредственное или опосредованное) влияние друг на друга; во-вторых, понятие права означает не отношение произвола к желанию (следовательно, к чистой потребности) другого (лица), как это имеет место в благодетельных или жестокосердных поступках, а лишь отношение к произволу другого (лица) [13]. Таким образом, по И. Канту, закон определяет поведение человека, а также принципы, в соответствии с которыми создаются общественные институты, обеспечивающие создание условий, необходимых для достижения целей, которые стоят перед человеком и обществом: свобода и счастье. Наличие нравственного закона определяет задачи основных социальных институтов, их место в общей системе общественных явлений, также он устанавливает характер способов достижения целей, публичных или частных. То есть в условиях, когда действует нравственный закон, люди сами своими поступками устанавливают фактические правила поведения, которые применяются и к объекту действия, и к его субъекту. Нравственный закон обеспечивает возможность достигнуть поставленных целей, такая возможность возникает, когда в обществе существует реальная свобода, гарантированная и защищаемая соответствующими нормами права. В условиях свободы человек может реализовывать свой внутренний потенциал. То есть для Канта свободная воля и воля, подчиненная законам, это одно и то же [14], а значит, происходит отрыв закона от морали, и подчинение последнего.

Такое положение подчинения формально не определенных социальных институтов гарантирует устойчивость индивидуалистического общества силой реализации правовых схем, когда утверждается: пусть погибнет весь мир, но торжествует закон. Что не мешает ему сохранять стабильность за счет механизма сдержек и противовесов, разделения властей и т. д. Знаменитая римская формула «разделяй и властвуй»

является не анахронизмом, а вполне действенным методом институциональных оформлений социальности индивидуалистического общества.

Другое взаимодействие социальных институтов в коллективистском обществе, где оформление социальности в нем осуществляется за счет их взаимного обогащения.

Гераклит, Платон, Аристотель другие указывают на природу институционального оформления социальности. Например, Гераклит утверждается, что Солнце не может сойти с назначенного ему пути, иначе настигнут его Эринии, слуги Правды. Древнегреческая мысль впервые открывает понятие закономерности, проистекающее и воспринимаемое из единства в институциональном оформлении общественной жизни. И в согласии с этим С. Л. Франк, критикует социальный позитивизм, основной которого является борьба социальных институтов, где античное сознание хорошо понимает сверхприродное единство общественной жизни. «Существенно напомнить ту забытую ныне филиацию идей, через которую самое понятие «закона природы» (ныне потерявшее свой сокровенный, глубокий смысл и отожествленное со слепобессмысленной сцепленностью природных вещей и сил), как и усмотрение в природе «космоса», т. е. стройного, внутренне упорядоченного и согласованного целого, возникло через перенесение на природу категории общественного бытия» [15].

В соответствии с таким подходом, социальные институты образуют тождество различий, общество выступает как организм, в котором социальные институты взаимно обусловливают и поддерживают жизненность друг друга. Социальность, как институционально оформленное содержание выступает здесь как характеристика целостности общественной жизни.

Таким образом, в двух типах общества институциональный аспект оформления социальности определяет ориентацию социальной деятельности и социальных отношений: функциональную взаимосогласованность или борьбу за выживание социальных институтов. Данные функции социальных институтов позволяют им выступать одними из важнейших детерминант специфицированной оформленности социальности в обществе: подавление или погашение одними социальными институтами других является характерной чертой индивидуалистического типа оформления социальности, в то же время единство и взаимная обусловленность социальных институтов является показателем коллективистского типа оформления социальности.

Социальные институты – это специфические образования, обеспечивающие относительную устойчивость связей и общественных отношений в рамках социальной организации общества, некоторые исторически обусловленные формы организации и регулирования общественной жизни. Институты возникают в ходе развития человеческого общества, дифференциации видов деятельности, разделения труда, формирования специфических видов общественных отношений. Социальные институты по мере исторического развития общества и общественных отношений не могут обойтись без совершенствования данных отношений. В каждом новом зарождающемся институте по существу опредмечивается определенный тип общественных отношений.

К числу общих признаков социального института можно отнести следующие:

– выделение определенного круга субъектов, вступающих в процессе деятельности в отношения, приобретающие устойчивый характер;

– определенную (более или менее формализованную) организацию:

– наличие специфических социальных норм и предписаний, регулирующих поведение людей в рамках социального института;

– наличие социально значимых функций института, интегрирующих его в социальную систему и обеспечивающих его участие в процессе интеграции последней.

Эти признаки не являются нормативно закрепленными. Они вытекают из дискуссий о различных институтах современного общества.

Возможны различные классификации социальных институтов, основывающиеся на различных подходах к оформлению общества и общественных отношений. Характеристики социальной общности, ракурсы их рассмотрения могут быть самыми разнообразными. Однако мы не будем останавливаться на данных классификациях, так как нам более важно рассмотреть именно соборную личность, выступающую в качестве социального института.

Понятие «социальный институт» философами используется как характеристика оформлений социальности общества, к числу важнейших функций которой относят: регулирование деятельности членов общества в рамках социального взаимодействия; создание возможностей для удовлетворения потребностей в материальной и духовной сферах жизни общества; обеспечение социальной интеграции, прогрессу или устойчивости общественной жизни; проявление свободы в своих убеждениях и признание такое же право за другими (проявление толерантности в общественных отношениях); социализация личности и социальных групп в систему общественных связей и отношений.

Данные функции тождественны функциям соборного государства как социального института. Соборная личность же, выступающая в качестве социального института, исходя из принципов социальных институтов, не может состояться без толерантности и совершенствования общественных отношений. Толерантность (лат. tolerantia) означает терпимость. Такое понимание закреплено и в Декларации принципов толерантности, провозглашенной и подписанной ЮНЕСК0 16 ноября 1995 г. (в том же году перевод Декларации с английского «Declaration of principles on tolerance» на русский язык был зарегистрирован как «Декларация принципов терпимости»). В ст. 1 говорится, что «толерантность – это уважение, принятие и понимание богатого многообразия культур человечества, наших форм самовыражения и способов проявлений человеческой индивидуальности; добродетель, которая делает возможным достижение мира и способствует замене культуры войны культурой мира; не уступка, снисхождение или потворство; отказ от догматизма, от абсолютизации истины и утверждения норм, установленных в международных правовых актах в области прав человека» [16].

Такое толкование помогает раскрыть сущность толерантности в социальном аспекте, ее онтологиче-

ский, гносеологический и аксиологический аспекты. Древние философы предостерегали: «Трех вещей нужно избегать (в жизни): ненависти, зависти, презрения». Опираясь на это высказывание, можно определить основные идеи формирования толерантности:

1. Уважение, принятие и правильное понимание богатого многообразия культур нашего мира, форм самовыражения и проявления человеческой индивидуальности.

2. Понятие, означающее отказ от догматизма, от абсолютизации истины и утверждающее нормы, установленные в международно-правовых актах в области прав человека.

3. Не уступка, снисхождение или притворство, а, прежде всего, активное отношение, формируемое на основе признания универсальных прав и основных свобод человека.

Человечество начинает осознавать важность равноправного сотрудничества составляющих его общностей. В связи с этим встает проблема необходимости и возможности ментальной совместимости человеческих сообществ, что обусловливает необходимость в развитии толерантности.

Реформирование российского общества протекает на фоне разрушения исторически сложившихся традиций и прежних социокультурных оснований. Важно подчеркнуть, что в обществе, переживающем кризис нравственности и морали, толерантность исключительно необходима.

Отсутствие в советской литературе понятия «толерантность» объясняется наличием единомыслия и господствовавшей идеологии.

В отечественной науке, как и в общественно-политической лексике, термин «толерантность» закрепился с конца 80-х гг., чему способствовали академические исследования гуманитарных наук, необходимость сохранения культурного плюрализма России, а также политические инициативы, стремившиеся адаптировать к российским условиям западный опыт формирования гражданского общества.

Философскому осмыслению и толкованию толерантности способствовали идеи представителей западной культурной антропологии и этнологии, показавшие наличие «другого» вместо «единого» разума. Так, К. Леви-Стросс своей критикой европоцентризма положил конец этноцентризму западного мышления. Его философско-мировоззренческое обоснование межкультурного диалога, ценности сохранения самобытности, взаимосвязи культурного разнообразия и исторического прогресса выступают в качестве методологической основы понимания толерантности. По мнению К. Леви-Стросса, «мировая цивилизация может быть только коалицией, в мировом масштабе, культур, каждая из которых сохраняет свою самобытность... Надо спасти факт разнообразия, а не историческое содержание, придаваемое ему каждой эпохой... Толерантность не является созерцательной позицией, раздачей индульгенций тому, что было, и тому, что есть. Это динамическая установка, она состоит в предвидении, понимании и продвижении того, что желает быть...» [17].

Толерантность – это то, что делает возможным достижение мира и ведет от культуры войны к культуре мира. Толерантность – способность человека, сообщества, государства слышать и уважать мнение других, невраждебно встречать отличное от своего мнение. Толерантность – привилегия сильных и умных, не сомневающихся в своих способностях продвигаться к истине через диалог и разнообразие мнений и позиций.

Заметим, что проблема толерантности связана с плюрализмом и является альтернативой единомыслию, авторитарному мышлению. Философия диалога способствует новому способу понимания толерантности. Известно, что идеи «диапогизма» от М. Бубера до М. Бахтина направлены против монологического «я». В то же время любой диалог, имеющий целью стать доминантой, не способствует взаимодополнительности людей, народов и государств.

Следовательно, встает вопрос: какая модель толерантности является эффективной для современной России?

В. А. Лекторский, анализируя толерантность, рассматривает четыре возможных способа ее понимания:

1. Толерантность как безразличие – выступает как по существу безразличие к существованию различных взглядов и практик, так как последние рассматриваются в качестве неважных перед лицом основных проблем, с которыми имеет дело общество.

2. Толерантность как невозможность взаимопонимания – выступает как уважение к другому, которого я вместе с тем не могу понимать и с которым не могу взаимодействовать. Согласно данному пониманию толерантности религиозные, метафизические взгляды, специфические ценности той или иной культуры не являются чем-то второстепенным для деятельности человека и для развития общества.

3. Толерантность как снисхождение – выступает как снисхождение к слабости других, сочетающаяся с некоторой долей презрения к ним. Например, я вынужден терпеть взгляды, несостоятельность которых я понимаю и могу показать, но вступать в критическую дискуссию с таким человеком не имеет смысла.

4. Терпимость как расширение собственного опыта и критический диалог – толерантность выступает как уважение к чужой позиции в сочетании с установкой на взаимное изменение позиций в результате критического диалога.

Согласно В. А. Лекторскому, «диалог между мною и другим предполагает целую систему внутренних диалогов, в том числе: моим образом самого себя и тем образом меня, который, с моей точки зрения, имеется у другого человека (диалектика: «Я для себя», «я для другого», «другой для себя», «другой для меня» и т. д.)» [18].

Подобное переосмысление «я» в процессе диалога, опирающееся не только на понимание и восприятие «другого», но и на критическое осмысление своего «я» (свою точку зрения, убеждения, мысли и т. д.), формирует толерантное отношение к другому и направлено на свободу индивида.

Такое новое понимание онтологии «я» и «другого» позволяет более четко ограничить объем рассматриваемого понятия, придать ему качественную определенность и выявить его сущность. Поэтому Н. Н. Федотова определяет толерантность, поддержав ее мировую конструктивную направленность и готовность к диалогу, как признание легитимности законных и не

расходящихся с моралью интересов другого и открытость по отношению к его опыту, готовность к диалогу и к расширению опыта в этом случае [19].

Особенностью любого общества, как и мира в целом, является разнообразие сторон и форм его существования – социокультурных укладов, образа жизни, способов жизнедеятельности, природных условий и т. д. В любом обществе проблема толерантности формируется на основе определенного опыта народа. Таким образом, толерантность рассматривается нами как качество социокультурного порядка.

Для России конца XX в. проблема толерантности стала одной из наиболее злободневных проблем общественно-политической жизни, под угрозу поставлена целостность государства, судьба ряда регионов и этносов. Изучение толерантности и форм ее проявления на региональном уровне актуальны сегодня в период реформирования российского общества, когда социальная ситуация требует переоценки ценностей.

Демократическая модель общественного развития Запада не может повториться в России по двум причинам. Во-первых, процессы и трансформации, происходящие ныне в развитых демократических странах, нуждаются в критическом осмыслении. Во-вторых, и это очень важно, Россия должна формировать свою собственную модель гражданского общества с учетом ее социокультурной специфики, модель соборного государства, где три ветви власти будут слиты воедино.

Опыт ряда стран показывает, что, копируя европейскую (западную) модель модернизации, Россия не может добиться позитивных результатов. Социокультурная импликация западного опыта вызывает напряженность и отторжение.

Однако, как показывает практика, Россия может развиваться не вопреки своей социокультурной ментальности народа, а благодаря лишь ей. Успех возможен при разумном сочетании традиций и инноваций.

Именно непосредственное влияние идеалов соборного единства очевидно в русской жизни, поскольку очевидна «склонность русского народа взращивать те общественные формы, которые покоятся на братстве или зиждутся жертвой и любовью: приход, артель, землячество, монастыри, человеколюбивые учреждения, рождающиеся из жертвы, монархический уклад, немыслимый без жертвенной любви к родине и к царю... И в ряду этих нравственных образов красуется своей мудростью древнее русское соединение и разделение церкви и государства» [20].

Соборные начала в русской общественной жизни реализуются, во-первых, на раннем этапе – в ориентации на принцип «симфонии властей», который предполагает четкое разграничение областей ведения и полномочий светской и духовной властей при гармоничном и любовном взаимодействии между ними. При этом существует немалая опасность приписать государству религиозный смысл и значение, а церкви – несвойственных ей и внутренне ее разлагающих государственных функций и задач. Во-вторых, общественная соборность, будучи в какой-то мере перенесением норм церковной жизни на мирские отношения, выражает себя в сословном строении общества, точнее – в осмыслении этого сословного строения, в основе которого лежит общественное служение всех при различии мест и ролей каждого в этом служении.

В соборном государстве, в обществе коллективистского типа не допускается его разделенности, отсутствия сплоченности, порицания национального единства, провозглашения, многопартийности, плюрализма и т. п. Соборное государство имеет следующие особенности:

– является непременным компонентом всеединства, так как понимание и восприятие соборности всегда связывалось с церковью или христианством, преимущественно православием;

– отражает черты русского национального характера и специфику социальности русского народа и, следовательно, проявляется в национальных обрядах и традициях;

– служит для сохранения культуры общества, поскольку делает возможным накопление и передачу внутреннего соборного опыта русского народа посредством соборной памяти;

– невозможно без личной свободы и добровольного подчинения;

– предполагает не только единство всех со всеми, но и ответственность всех за все.

Общество в соборном государстве, прежде всего, должно быть обществом граждан, в котором статус и права каждого определяются степенью выполнения им своих гражданских и социальных (общественных) обязанностей. Следить за тем, чтобы одно соответствовало другому, поднимая свой голос против любых антиобщественных проявлений – как со стороны отдельных личностей, так и со стороны социальных групп, организаций, государственных и предпринимательских структур – вот главная задача реального соборного государства.

В соборном государстве, в обществе коллективистского типа не допускается его разделенности, отсутствия сплоченности, порицания национального единства, провозглашения, многопартийности, плюрализма и т. п. Судьба Византии – яркий тому пример. В коллективистском обществе можно властвовать, лишь сплачивая людей, лишь развивая, развертывая его коллективистские качества, лишь возводя на уровень святого, священного качество соборности. Для коллективистского общества следование тезису «разделяй и властвуй» не может не иметь разрушительных, катастрофических последствий. Отсюда в коллективистском обществе должны быть специальные социальные институты, освещающие обществу путь вперед, путь социального прогресса. Эти социальные институты должны предупреждать попытки разделения общества, влекущие за собой национальные катастрофы, смуты и т. п. Разрушение этих социальных институтов недопустимо. Напротив, коллективистское общество нуждается в защите и преумножении таких социальных институтов.

Соборная личность в многообразных своих аспектах, обязательно находится во взаимодействии с различными субъектами, что приводит к определенным общественным отношениям между людьми, отношениям между государством и личность.

Хотя соборность является исконно церковным понятием, оно не потеряло актуальности и в настоящее время, так как не только церковь может выступать в качестве социального института как соборной личности, но и государство. Также социальными институтами признаются собственность, политические пар-

тии, семья, трудовые организации, учреждения образования и воспитания, наука, средства массовой информации. Следовательно, все социальные институты в государстве являются соборными личностями, поэтому понятие соборная (симфоническая) личность мы главным образом используем в светском варианте.

Все институты, как части единой общественной системы, подчиняются согласованности элементов всякой данной группы общественных явлений между собою, и потому нарушения в одном институте отражаются на функционировании других.

Соборность – это жизнеутверждающее качество коллективистского славянского общества, это закон его жизнеутверждения. Следовательно, естественной оказывается проблема государства как социального института, а также проблема разработки теории соборной личности как социального института.

Отметим, что в настоящее время теоретически наиболее разработанной, практически апробированной, но тем не менее не ставшей более приемлемой для России, является идея правового государства, определяющая приоритетное положение в обществе государства и права. Эта идея в своей истинности подтверждена многовековой практикой общественной жизни Запада. Россия же с ее коллективистским типом общества, с коллективистским способом производства общественной жизни и т. д., должна предложить иную идею государства, например естественную для России идею соборного государства, способного реализовать соборную власть.

Характерно, что Восток предложил также идею исламского государства, в своей истинности подтвержденную многовековой практикой исламского общества. Однако идея исламского государства применительно к современным политическим реалиям пока, на мой взгляд, теоретически менее разработана по сравнению с идеей правового государства. Теоретики, часто не утруждая себя стремлением понять суть идеи, цинично описывают исламское государство. И духовные институты, работающие вместе с государством, рассматриваются ими предвзято – как пережитки средневековья.

На необходимость развертывания подобных институтов и бережного отношения к ним указывают нам не только древние славянские Учители, которые не были заражены западничеством, но и горестный византийский урок, показывающий, почему Византия исчезла с лица Земли.

Таким образом, русская действительность обнаруживает богатый жизненный материал для плодотворной философской мысли в русле соборных идей. Однако, помимо этого богатства, русская история являет нам и картины постепенного замутнения первоначального существа тех форм, в которых идеалы соборности находили себе реальное воплощение, по крайней мере, о замутнении первоначального существа этих форм для верхних слоев общества.

Как пишет Н. М. Чуринов, «соборность – это жизнеутверждающее качество коллективистского славянского общества, это закон его жизнеутверждения» [21]. Следовательно, следуя данной концепции, совершенствование общественных отношений осуществляется в коллективистском обществе, а также естественной оказывается проблема государства как социального института и проблема разработки теории соборной личности как социального института. Соборная личность как социальный институт может сформироваться лишь в коллективистском обществе, следуя императиву совершенства, раскрываясь с помощью толерантности и совершенствования общественных отношений.

Библиографический список

1. Конт, О. Курс положительной философии / О. Конт. СПб., 1899.

2. Спенсер, Г. Социология как предмет изучения. Западно-Европейская социология XIX века : тексты / Г. Спенсер. М. : Изд-во Междунар. ун-та бизнеса и управления, 1996.

3. Коновалова, И. Институциональное направление как методологическая основа буржуазного детерминизма / И. Коновалова // Экономические науки. 1979. № 7.

4. История социологии в Западной Европе и США / отв. ред. Г. В. Осипов. М. : Наука, 1993.

5. Радаев, В. В. Социальная стратификация / В. В. Радаев, О. И. Шкаратан. М., 1995.

6. Осипов, Г. В. Институциональная социология. Современная западная социология : словарь / Г. В. Осипов А. И. Кравченко. М., 1990.

7. Homans, G. S. The sociological relevance of behaviorism // Behavioral sociology. Ed. R. Burgess, D. Bushell. N. Y., 1969.

8. Седов, Л. А. Институт социальный. Современная западная социология : словарь / Л. А. Седов. М. : Политиздат, 1990.

9. Коржевская, Н. Социальный институт как общественное явление (социологический аспект) / Н. Коржевская. Свердловск, 1983.

10. Щепанский, Я. Элементарные понятия социологии / А. П. Огурцов, Я. Щепанский. М., 1969.

11. Быченков, В. М. Институты: Сверхколлективные образования и безличные формы социальной субъективности / В. М. Быченков. М. : Рос. Акад. соц. наук, 1996.

12. Смелзер, Н. Социология / Н. Смелзер. М., 1994.

13. Кант, И. Сочинения на немецком и русском языках / И. Кант. М., 1997. Т. 3.

14. Кант, И. Сочинения на немецком и русском языках / И. Кант. М., 1997. Т. 4.

15. Франк, С. Л. Собственность и социализм. Русская философия собственности (XVIII–XX вв.) / С. Л. Франк. СПб. : СП «Ганза», 1993.

16. Риэдон, Б. Э. Толерантность – дорога к миру. Декларация принципов толерантности / Б. Э. Риэдон. М., 2001.

17. Леви-Стросс, К. Раса и история. Путь масок : пер. с фр. / К. Леви-Стросс. М., 2000.

18. Лекторский, В. А. Научное и вненаучное мышление: скользящая граница. Наука в культуре / В. А. Лекторский ; под ред. В. Н. Поруса. М, 1998.

19. Федотова, Н. Н. Толерантность как мировоззренческая и инструментальная ценность / Н. Н. Федотова // Философские науки. 2004. № 4.

20. Ильин, И. А. О России / И. А. Ильин. М. : Студия ТриТэ, 1991.

21. Чуринов, Н. М. Идеология, теоретическая строгость и «европейское умственное иго» / Н. М. Чуринов // Теория и история. 2005. № 1.

T. O. Yatsenko

CONCILIAR IDENTITY AS SOCIAL INSTITUTE

It is considered the institution of social indication and conciliar identity as social institute.

УДК 165

Т. А. Алексахина

КАТЕГОРИЯ СТОИМОСТИ С ПОЗИЦИЙ КОСМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИРА

С позиций характерных русской научной школе методологических традиций рассмотрена категории стоимости. В соответствии с представлениями о Космической модели мира уточнены и охарактеризованы понятия социальной энтропии и информационной стоимости.

Высокий темп взаимной интеграции культур и экономик России и Запада на сегодняшний день обострил проблему оценки актуальности и адекватности существующих взглядов на ключевые экономические категории, по-разному раскрываемые исследователями и практиками в зависимости от приверженности тем или иным научным традициям. Историческая обусловленность традиций западной и русской научных школ определили существование в настоящее время двух основных проектов науки и соответствующих им моделей мира, в частности универсалистской, характерной для западно-европейского варианта культуры, и традиционной для русской научной школы Космической модели мира. Эти модели предполагают определенные качества мира, на раскрытии которых сосредотачивается познавательная активность человека. Изучению каждого из двух типов качеств мира соответствует собственный комплекс познавательных средств [1].

Космическая модель мира, основанная на античной аристотелевской модели и византийских философских традициях, определяя мир как Космос, утверждает познаваемость мира и безусловное наличие в нем всеобщей взаимосвязи явлений – непреложное действие законов диалектики. Ей в полной мере соответствует сущностный исследовательский подход, согласно которому все вещи, предметы, объекты, явления действительности соотносимы как богатство совершенного субстанционального и богатство лучшего – акцидентального, т. е. принадлежащего субстанциональному в соответствии с его природой. Согласно этому подходу, в текучести, изменчивости мира представлена его вырожденность, акцидентальность, его существование. В то же время его вековечность, постоянство представлены сущностью мира, т. е. его субстанцией. Субстанция раскрывает неразличимость, тождество всего того, в чем мир предстает как сущность. В данном отношении, когда утверждается, что законы диалектики свойственны природе, обществу и мышлению, тем самым имеется в виду, что сущность природы, общества и мышления одна и та же. Следовательно, законы диалектики являются законами субстанции. И именно эти законы олицетворяют вечность мира, его постоянство. И отсюда наука должна иметь смысл как наука о законах сущности мира [1].

Космическая модель мира предполагает его целостность и внутреннюю организацию. Раскрывая содержание работы выдающегося русского философа А. Ф. Лосева «Античный космос и современная наука», Н. М. Чуринов так характеризует комическую модель мира, описанную Лосевым: «Согласно этой модели, выделяются четыре области Космоса (земля, вода, воздух и огонь) и онтологические модальности каждой из данных областей. Гармония, совершенство, красота предстают здесь как важнейшие характеристики Космоса. Эти четыре области Космоса связаны между собой, взаимно дополняют друг друга, раскрывают напряженности бытия мира, напряженности во времени и пространстве. В этом смысле мир предстает как единство хаоса и космоса и, следовательно, – организация. Лосев характеризует развертывание космической модели мира как следование принципу и методу организации вещи. Он показывает, что в плане этой модели мир есть организация. Организация здесь выступает как то, в чем представлено единство туманности хаоса и космических оформлений. И поэтому космические оформления, обладая онтологической модальностью, обнаруживают себя как красота, гармония и совершенство» [1].

Постановка проблемы соответствия теории, в частности, экономической, той или иной модели мира, определяемой, как отмечено, культурно-историческими аспектами развития общества [1], в ходе исследований категории стоимости, проводимых автором, определила необходимость установления связи существующих концепций стоимости, характеризуемой качествами труда, вложенного в его предмет, описанным выше моделям мира. В ходе проведенного анализа было выявлено, что в контексте Универсалистской модели категория стоимости приобретает значение потребительной стоимости, ценности продукта труда как целесообразной деятельности для созидания потребительных стоимостей, присвоения данного природой для человеческих потребностей, что негативно характеризуется возможностью существования различных шкал ценности.

Решаемая автором задача определения содержания категории стоимости, соответствующего Космической модели, подразумевает необходимость выявления характерного наполнения труда, присущего аристотелеву пониманию экономики, прямо противоположной «хрематистике» – «искусству наживы денег» [2]: В северном регионе страны из двух аристотелевских версий экономики (искусство наживы денег и наука домохозяйства) приоритетной могла быть только наука домохозяйства, согласно которой нормы экономи-

ческой жизни общества не должны идти вразрез с другими социальными нормами. Это обстоятельство, по-видимому, также имел в виду Савватий Соловецкий. Такое единство социальных норм задавалось коллективистским способом производства общественной жизни.

Отметим, что в данных условиях представление о труде может характеризоваться положением святого Серафима Саровского, согласно которому труд выступает как деятельное совершенство, т. е. деятельностное оформление антиэнтропийного процесса, а именно по-русски: перехода от нестроения к стройности. В этой же связи отметим, что в настоящее время является весьма продуктивной точка зрения Эрвина Шредингера, Леона Бриллюэна, и ряда других исследователей, в соответствии с которой социальная информация выступает как отрицательный вклад в социальную энтропию. И, следовательно, социальная информация предстает как результат осуществления деятельностного оформления антиэнтропийного процесса» [2]. Тем самым обусловливается информационное содержание трудового процесса: «можно принять за количественную меру информации соответствующее увеличение негэнтропии» [3]. Дополнительно крайне важно отметить, что положение об информации, как об отрицательном вкладе в энтропию, сформулированное применительно к термодинамике и статистике, нашло качественное развитие в негэнтропийном принципе информационной реальности, в соответствии с которым информация является отрицательным вкладом непосредственно в социальную энтропию. Негэнтропийный принцип заключается в следующих основных положениях.

1. Данный принцип предполагает понимание информационной реальности как содержания мира, диалектически находящего своезавершение, законченность в оформлениях совершенства (космических оформлениях). При этом оформления совершенства (упорядоченность, системность, организованность, сложность и т. д.) выступают как характеристики законченности всеобщей связи явлений. Оформления же совершенства в качестве космических оформлений имеют отношение к диалектическому, космическому проекту науки.

2. Негэнтропийный принцип информационной реальности утверждает, что информационная реальность обладает онтологической модальностью, заключающейся в ее способности вносить отрицательный вклад в энтропию.

3. Отрицательный вклад в энтропию показывает, что онтологическая модальность информационной реальности задает векториальные свойства процессу разрешения диалектических противоречий.

4. Негэнтропийный принцип информационной реальности является обобщением негэнтропиинного принципа информации и принципа имманентности организации, в полной мере учитывающим особенности действия статистических и динамических закономерностей, двух механизмов производства упорядоченности Э. Шредингера.

5. Данный принцип имеет в виду понятие энтропии в его широком, развитом значении, включающим понятия информационной энтропии, социальной энтропии и т. д.

6. Данный принцип утверждает, что отрицательный вклад в энтропию представляет собой способ, которым информационная реальность обнаруживает свою определенность.

7. В обратном значении негэнтропийный принцип информационной реальности утверждает, что энтропия обладает своей собственной онтологической модальностью, заключающейся в том, что она (энтропия) может вносить отрицательный вклад в содержание негэнтропии» [1].

Следствием рассмотренного представления о труде в настоящее время выступает информационная теория стоимости. Информационная теория стоимости должна исходить из принципа всеобщей связи явлений и понимания диалектики как науки о всеобщей связи явлений. В данном отношении весьма актуален субстанционный (сущностный) исследовательский подход, согласно которому изучается соотношение сущности и существования. И имеется в виду, что существование сущности характеризуется опосредованностью сущности со стороны всеобщей связи явлений, поскольку всеобщая связь прерывна и непрерывна, определенна и неопределенна, непосредственна и опосредована и т. д. В этом отношении стоимость выступает как субстанция (сущность), а свое иное стоимости представляет собой акциденцию существования ее (стоимости) как сущности [1].

Исходя из соответствующего сущностному исследовательскому подходу, исследование и характеристика категории стоимости с позиций диалектического метода, со свойственным описанным выше подходом к определению труда и его характеристикой в качестве процесса, направленного на снижение степени неопределенности в обществе, а также в целях развития представления о стоимости, формируемом актуальной в настоящее время информационной теорией стоимости [1; 4; 5], в рамках проводимого исследования требуется установить значение понятий определенность и неопределенность в системе «общество – природа».

В ходе изучения работ авторов, посвятивших свои исследования рассматриваемой проблематике, как наиболее соответствующее контексту исследования и значимые в концептуальном плане, нами выделены определения, данные А. Д. Урсулом: неопределенность – философская категория, отмеченная превращением многообразия возможностей в действительность; наличием связей, взаимодействием между свойствами и состояниями явлений, отсутствием резких граней между ними. В то же время определенность – это философская категория, отмечающая относительную независимость свойств и состояний объектов, проявление необходимости через однозначные переходы возможности в действительность. Важно также обратить внимание на то, что указанные взаимосвязанные понятия не возвышаются друг над другом, а находятся в отношении координации [6]. Целесообразно специально отметить направленность их отношений. Это может быть и движение от определенности одного состояния – через «снятие» неопределенности – в другое состояние определенности или даже в другую определенность. Процессы, несущие информацию, обеспечивают «снятие» неопределенности. Поэтому и считается, что «снятие» неопределен-

ности – это, прежде всего, получение информации [7]. Другими словами, мерой определенности в системе является объем информации, содержащейся в ней. Применительно к рассматриваемым системам неопределенность может рассматриваться в качестве отсутствия однозначности в соотношениях возможных и действительных состояний природы и общества.

Как уже неоднократно отмечено цитируемыми авторами, именно труд обладает всеми качествами деятельностного оформления негэнтропийного процесса. В частности, Е. В. Луценко определяет труд как управляющее информационное воздействие на предмет труда, в результате которого снимается неопределенность состояния предмета труда, и трансформация в продукт труда [5].

Чем более высокотехнологичный продукт, тем он более информационноемкий, но с другой стороны за счет технологичности продукт как канал передачи информации обретает повышенную «проводимость». Рассматривая данный вопрос, Е. В. Луценко следующим образом рассуждает об ограничениях привнесения дополнительной информации в систему, приводя пример с магнитофонной лентой, на которую пытаются записать как можно больше информации на единицу длины путем уменьшения скорости протяжки. Если при постоянном информационном потоке записи эту скорость уменьшать линейно, то первоначально плотность информации будет возрастать также практически линейно (а энтропия соответственно уменьшаться), однако скоро будет заметно, что плотность информации стала возрастать медленнее, так как возросли шумы (уменьшилось отношение сигнал/шум). Если продолжать и дальше уменьшать скорость протяжки, то в конце концов это приведет к тому, что качественный записывающий сигнал будет восприниматься лентой практически как стирающий, то есть на нее будет записываться один шум.

Таким образом, сначала сообщение информации некоторой системе приводит к уменьшению ее энтропии, а значит и к выделению или экономии энергии, однако если эту систему и дальше продолжать «накачивать» информацией, то сначала это приведет к увеличению энтропии системы, а затем и к ее разрушению» [5].

Однако приводимый автором пример не является характерным при рассмотрении системы «общество-природа», ввиду того, что информация в данном контексте используется не только и не столько для изменения свойств (намагниченность ферросодержащих частиц), сколько для привнесения определенности и порядка.

Тем не менее, Е. В. Луценко на эмпирическом уровне качественно характеризует взаимосвязь информации и энергии в системе, обобщая данную характеристику в довольно значимом для проводимого исследования выводе на экономическом (технологическом) примере, когда автоматизированная система оперативного управления районом в период уборки сельхозкультур согласует и рационализирует деятельность всех участников этого процесса по месту, времени и видам выполняемых работ (погрузка – транспортировка – разгрузка). Система распечатывает целую пачку документов, которые содержат большой объем подробной информации для каждого участника о том, где, что и когда ему делать. В результате применения данной системы (разработчики – Л. А. Бакурадзе и автор) за уборку, т. е. примерно за один месяц, получалась экономия топлива на сумму от 400 000 до 2 000 000 долларов, в зависимости от масштаба объекта управления (курс и цены 1983–1986 гг.). Таким образом, сообщение экономической системе информации, генерируемой автоматизированной системой управления, приводит к экономии энергии в экономической системе. Следовательно, информация имеет энергетический эквивалент, зависящий, конечно, от содержания информации и от характеристик конкретной системы, которой информация сообщается [5].

При рассмотрении категории информационной стоимости и понимании труда как деятельностного оформления информационного негэнтропийного процесса важно учитывать социальный характер понятия «энтропия».

Значительное внимание как определению, так и характеристике понятия социальной энтропии уделено в работе В. Каплунова «Что такое социальная энтропия». Соглашаясь с Н. А. Бердяевым, он отмечает, что «социальная энтропия – рассеяние энергии культуры» представляет собой трансформацию информационного поля «философии жизни», «философии ценностей» в конкретные действия «воли к жизни». Негативный смысл такого рассеяния энергии культуры заключается в том, что при бурном проявлении «воли к жизни» нарушается гармония межчеловеческих отношений и отношений человека и природы, что приводит к утрате видения цели и подмене ее средствами. Происходит нарушение той гармонии, которую, казалось бы, «философия жизни» и «философия ценностей» уже определила как необходимую [8]. Тем не менее В. Каплунов отмечает, что социальная энтропия состоит, с одной стороны, из множественного набора способов управления человека человеком и теми процессами и вещами, которые включены в человеческую жизнь как культура. Все эти способы управления были в прошлом, есть в настоящем и содержатся в будущем (даже в виде фантазии) на всем пространстве обитания человека, включая космос. Пространственно-временные характеристики культуры подвижны и трудно определимы. Культура как энтропия содержит в себе равную возможность зла и добра, «снятую» цивилизацией.

Тогда, когда такая социальная энтропия уменьшается, сокращается возможность человеческого выбора, следовательно, уменьшается степень свободы человека. Качество жизни понижается. Рост энтропии приводит к тому, что, у человека увеличивается возможность выбора из множества способов управления человека человеком и внешней средой, следовательно, увеличивается человеческая свобода. Рост такой социальной энтропии воспринимается человеком как «улучшение качества жизни» [8]. Таким образом, В. Каплунов встает на позиции, соответствующие Универсалистской модели мира.

Другие исследователи, в частности С. Боровиков, С. Переслегин, Е. Переслегина, рассматривают социальную энтропию как социальное движение, обращенное в беспорядочную форму [9]. Автором приведенных точек зрения полностью игнорируется взаимодействие общества и природы, что позволяет гово-

рить о неполном раскрытии содержания понятия социальная энтропия.

По нашему мнению, социальная энтропия характеризуется следующим образом: социальная энтропия – это категория (понятие), включающая в себя представление о неопределенности, существующей в системе «общество-природа», ввиду того, что взаимодействие как между природой и обществом так и внутри общества имеет характер прежде всего материальный, с другой стороны, на основе информационной концепции труда и в силу информационной природы взаимоотношений между членами общества, социальная энтропия включает в себя информационный аспект. Таким образом, социальная энтропия может быть определена как функция состояния социальной системы (общества), положительное изменение которой соответствует рассеянию энергии и увеличению степени неопределенности, отрицательное изменение (увеличение негэнтропии) – увеличению необходимой для существования общества энергии и степени определенности в обществе, как установления однозначного соответствия между возможными и действительными его состояниями.

В соответствии с поставленными задачами является важным описать привнесение трудом отрицательного вклада в социальную энтропию на основе сформулированных выше положений. Исследуя информационный аспект данного процесса Е. В. Луценко отмечает, что сам процесс передачи информации по каналу связи и запись ее в носитель информации – это и есть тот процесс (труд), который преобразует носитель информации в заранее заданную форму, т. е. в продукт труда [5]. Таким образом, увеличивая количество информации в процессе труда, человек снижает степень неопределенности. Ввиду того, что труд – это социальный процесс, процесс преобразования не только предмета труда в его продукт, но преобразование элементов ноосферы как общественной подсистемы, можно утверждать о снижении степени неопределенности в обществе и, соответственно, о снижении социальной энтропии.

Возвращаясь к вопросу о содержании понятия стоимости, соответствующем космической модели мира и представлению о труде, как о «деятельностном оформлении антиэнтропийного процесса», привносящего ввиду информационного его содержания определенность и упорядоченность как в общество, так и в отношения общества и природы, с позиций сущностного исследовательского подхода существованием сущности стоимости выступает *информационная стоимость*. Другими словами, сущность стоимости как характеристики качества труда, заключенного в товаре, уровня квалификации, навыков, знаний, опыта – информационной насыщенности труда, его отрицательного вклада в энтропию, восполняется информационной стоимостью как способностью товара к снижению социальной энтропии.

Данное понятие в настоящее время уже введено в научный оборот К. К. Вальтухом и В. В. Орловым. Вводя понятие информационной стоимости, К. К. Вальтух отмечает, что закон цен предлагается искать в количестве информации, воплощенной в товаре. Эту величину будем называть информационной стоимостью товаров. «Стоимость (информационная) – это количество идеальной информации, перенесенной с одного носителя (рабочей силы) на другой (продукт), при том без потери на исходном носителе» [4]. Однако утверждение Вальтуха о том, что «стоимость товаров воплощает не содержание человеческой производственной деятельности (в том числе творческой, предпринимательской, организационной), а количество труда всех видов, измеряемое в часах с учетом редкости, выражением которой являются коэффициенты редукции труда, базирующиеся на информационных квалификационных коэффициентах, формирует для приведенных выше определений контекст, свойственный для ценностного исследовательского подхода: понятие редкости (труда) в полной мере коррелирует с понятием ценности, кроме того, приведение измерения стоимости к «количеству труда всех видов, измеряемого в часах», на наш взгляд, практически в полной мере следует трудовой теории, как и поправка на информационные квалификационные коэффициенты.

В. В. Орлов, также давая характеристику рассматриваемого понятия, пишет о том, что естественно возникает вопрос, обладает ли новая форма стоимости измеримостью? Для этого она должна быть связана со своего рода усредненностью и дискретностью, делимостью на своего рода единицы. Можно предположить, что такого рода усредненной и дискретной субстанцией новой стоимости может выступать информация как абстрактная материальная структура (вопреки расхожему представлению об информации как «знании» и «духовном»). Далее он отмечает, что представление об информационной природе стоимости уже неоднократно высказывалось в литературе. Однако «информационную стоимость» пытаются связать с усредненными затратами непосредственного труда на единицу информации, что представляется нам невозможным. Во-первых, речь должна идти о принципиально новой форме стоимости, которая не производится непосредственным усредненным простым трудом. Во-вторых, новая стоимость связана с новой формой материального труда – производством абстрактных материальных структур. Поэтому усреднение надо искать не в «простом» или «среднем» непосредственном (физическом) труде, а в самой природе абстрактных материальных структур. В-третьих, необходимо учесть, что продукт нового общественного производства оказывается структурированным, «многослойным»: он включает уровни вещества – энергии – информации. Эта структура нового общественного продукта должна стать фактором, получающим экономическое значение, связанное с природой новой стоимости. В-четвертых, в новой форме труда замечательным образом обнаруживается подобие абстрактного труда, поскольку высший уровень производства – абстрактные материальные структуры действительно абстрактны! Однако это повторение «абстракции» на принципиально новой основе. Наконец, следует заметить, что развиваемое некоторыми экономистами и философами представление о переходе общества к новой – «неэкономической» фазе или формации лишено серьезных оснований и обусловлено видимостью исчезновения экономики, за которое принимается факт «вырождения» товарной стоимости и «рыночной» экономики»[10].

Таким образом, приведенные определения и характеристики информационной стоимости в своей основе имеют представления, в большей или меньшей степени соответствующие Универсалистской модели мира, что обусловливает необходимость уточнения данного понятия в соответствии с целями проводимого ними исследования и избранной исследовательской позицией. Подробно охарактеризовав содержание труда как негэнтропийного процесса и установив, что информация, образуемая в результате труда, является отрицательным вкладом в социальную энтропию, крайне важно пересмотреть и уточнить сформулированное нами ранее определение информационной стоимости как стоимости, соответствующей отраженному в результате взаимодействия человека с предметами и результатами труда разнообразию, и опосредствованной трудом, выраженным в форме процесса увеличения степени определенности в обществе [11]. В соответствии со всем вышесказанным, информационная стоимость – это стоимость, создаваемая трудом, направленным на снижение социальной энтропии, и выраженная в способности товара вносить отрицательный вклад в социальную энтропию.

Информационная стоимость, являясь социальной и философской категорией, характеризует вклад, вносимый трудовой деятельностью человека в систему связей и отношений в обществе, а также между обществом и природой, основанный на создании дополнительной информации в системе «общество – природа».

В свою очередь, процесс потребления ресурсов и энергии, воспроизводимых природой на протяжении периода, превосходящего по длительности время существования человеческого общества, либо процесс потребления с темпами, превышающими темпы воспроизводства, в силу деструктивного характера создают положительный вклад в социальную энтропию.

Обобщая сказанное выше, необходимо особо подчеркнуть тот факт, что рассмотрение категории стоимости с позиции ключевых научных школ с использованием соответствующих методологических подходов позволяет выявить противоречия в определении содержания категории стоимости, рассматриваемой западными экономистами и философами на основе Универсалистской модели мира в ее (стоимости) потребительном значении. В противоположность тому информационная стоимость как количество заключенной в продукте информации – отрицательного вклада в социальную энтропию в полной мере соответствует представлению о стоимости, отвечающему Космической модели мира.

Библиографический список

1. Чуринов, Н. М. Соборность как принцип русского хозяйствования / Н. М. Чуринов // Delorus.com. Портал для деловых людей России и зарубежья.

2. Чуринов, Н. М. Совершенство и свобода / Н. М. Чуринов. 3-е изд., доп. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. С. 70–83.

3. Бриллюэн, Л. Термодинамика, статистика, информация / Л. Бриллюэн // Успехи физических наук. 1962. Т. LXXVII. Вып. 2. С. 337–352.

4. Вальтух, К. К. Информационная теория стоимости / К. К. Вальтух. Новосибирск : Наука, 1996. 412 с.

5. Луценко, Е. В. Опыт исследования высших форм сознания [Электронный ресурс] / Е. В. Луценко. Электрон. дан. Режим доступа: http://lc.kubagro.ru/master /index.htm. Загл. с экрана.

6. Урсул, А. Д. Информация. Методологические аспекты / А. Д. Урсул. М. : Наука, 1971.

7. Яровикова, Р. Т. К анализу концепции общественного развития: к разрешению противоречий между определенностью и неопределенностью [Электронный ресурс] / Р. Т. Яровикова // Принцип неопределенности и прогноз развития социально-экономических систем. Электрон. дан. Режим доступа: http://lpur.tsu.ru/. Загл. с экрана.

8. Каплунов, В. А. Что такое социальная энтропия [Электронный ресурс] / В. А. Каплунов. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.lebed.com/2005 /art4145.htm. Загл. с экрана.

9. Боровиков, С. Социальная термодинамика и проблема идентичностей [Электронный ресурс] / С. Боровиков, С. Переслегин, Е. Переслегина. Электрон. дан. Режим доступа: http://www.archipelag.ru /geoculture/concept/princips/ thermodynamics. Загл. с экрана.

10. Орлов, В. В. Проблема будущего человеческой цивилизации / В. В. Орлов // Новые идеи в философии. 1999. Вып. 8.

11. Алексахина, Т. А. Категория стоимости в информационном обществе / Т. А. Алексахина, А. В. Спирин // Теория и история. 2005. № 2. С. 113–117.

T. A. Aleksakhina

THE CATEGORY OF VALUE IN STAND OF COSMIC MODEL OF THE WORLD

The category of value has been examined with characteristic methodological traditions of Russian scientific school. Notions of social entropy and information value were qualified and described in accordance with Cosmic model of world.

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.

Агеева Елена Тимофеевна – старший преподаватель кафедры физики естественно-научного факультета Братского государственного университета. Окончила Братский государственный университет в 1990 г. Область научных интересов – физика ионосферы, распространение радиоволн.

Алексахина Татьяна Алексеевна – соискатель кафедры философии Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 2000 г. Область научных интересов – философские проблемы стоимости.

Алгазин Евгений Игоревич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры общей электротехники Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1984 г. Область научных интересов – инвариантные системы передачи информации.

Аринин Вячеслав Алексеевич – инженер ООО «Енисейгеосервис». Окончил Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2000 г. Область научных интересов – моделирование и автоматизация инновационных процессов.

Афанасьев Николай Тихонович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиофизики Иркутского государственного университета. Окончил Иркутский государственный университет в 1977 г. Область научных интересов – распространение и рассеяние радиоволн в неоднородных средах.

Белозерцев Владимир Семенович – доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1974 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов.

Биронт Виталий Семенович – доктор технических наук, профессор института химии, металлургии и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончил Всесоюзный заочный политехнический институт в 1961 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительной отраслях.

Богданова Татьяна Александровна – начальник кузнечно-прессовой лаборатории ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1986 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли.

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.

Браверман Владимир Яковлевич – доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов.

Буторин Денис Николаевич – аспирант кафедры информатики и вычислительной техники Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончил Красноярский государственный университет цветных металлов и золота в 2006 г. Область научных интересов – информатика, педагогика.

Вингерт Валентина Валентиновна – старший преподаватель кафедры маркетинга Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончила Красноярский государственный торгово-экономический институт в 2004 г. Область научных интересов – соотношение рыночных и государственных регуляторов в развитии отраслевых рынков.

Власов Алексей Сергеевич – аспирант кафедры прикладной математики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – обработка изображений.

Вовк Алексей Андреевич – соискатель степени кандидата технических наук кафедры систем искусственного интеллекта института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный университета в 2004 г. Область научных интересов – агентные системы, обработка изображений.

Гаврилов Андрей Анатольевич – ведущий инженер института теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук (Красноярский филиал). Окончил Красноярский государственный технический университет в 1998 г. Область научных интересов – численное моделирование, теплофизика, гидродинамика.

Гаипов Константин Эдуардович – старший преподаватель кафедры сети и системы связи политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – информационные технологии, управление сетями связи.

Глухов Артем Вадимович – аспирант Московского авиационного института (государственного технического университета).

Горошкин Антон Николаевич – программист центра информационных технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – системы искусственного интеллекта, распознавание образов, теория сознания.

Горяшин Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – силовая электроника, преобразовательная техника, управление в нелинейных системах.

Графеев Евгений Александрович – соискатель кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Рижский политехнический институт в 1991 г. Область научных интересов – защита информации в телекоммуникационных сетях и системах.

Дегтерев Денис Александрович – кандидат технических наук, докторант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1997 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация инновационных процессов.

Дектерев Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник института теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук (Красноярский филиал). Окончил Красноярский государственный университет в 1981 г. Область научных интересов – численное моделирование, теплофизика, гидродинамика.

Демьянов Владислав Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент, начальник научно-исследовательской лаборатории Иркутского высшего военного авиационно-инженерного училища. Окончил Иркутское высшее военное авиационно- инженерное училище в 1993 г. Область научных интересов – принципы и методы повышения качества работы спутниковых радионавигационных систем в неблагоприятных геофизических условиях.

Джурабаев Кахраман Турсунович – доктор экономических наук, профессор кафедры организации производства Новосибирского государственного технического университета. Окончил Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет в 1960 г. Область научных интересов – проблема организации производства и управления предприятием.

Довгун Валерий Петрович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии электротехнических наук РФ, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1977 г. Область научных интересов – синтез аналоговых и цифровых цепей, компьютерное моделирование электронных цепей и устройств.

Егорушкин Олег Игоревич – аспирант кафедры математического моделирования и информатики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – теоретические основы информатики, теоретическое программирование.

Ереско Сергей Павлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой проектирования и эксплуатации строительно-дорожных и транспортно-технологических машин Красноярского государственного технического университета, заслуженный изобретатель РФ. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1975 г. Область научных интересов – автоматизация процесса измерений параметров механических систем, герметология, трение, износ и смазка эластомеров, системный анализ и методы обработки экспериментальных данных, программирование.

Ерыгина Лилия Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, декан факультета заочного и дополнительного образования Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1985 г. Область научных интересов – планирование и контроль, система контроллинга деятельности предприятий.

Зеленская Татьяна Васильевна – доктор экономических наук, заведующий кафедрой социального проектирования и проектного управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Заместитель главы администрации Красноярска – директор департамента экономики. Окончила Омский институт легкой промышленности в 1980 г. Область научных интересов – инвестиционная деятельность.

Золотухин Вячеслав Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры сетей и систем связи политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – сети связи, системы управления сетями связи, надежность сетей связи.

Иванчура Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – разработка систем управления электроприводами.

Ильина Татьяна Романовна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Томский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – прикладные задачи дискретной оптимизации.

Иноземцева Ольга Степановна – инженер-программист ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева». Окончила Красноярский государственный университет в 1984 г. Область научных интересов – создание технологического программного обеспечения для разработки и сопровождения встроенного программного обеспечения.

Калинин Алексей Владимирович – аспирант кафедры систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2000 г. Область научных интересов – минимизация описания сложных систем.

Кашкин Валентин Борисович – доктор технических наук, профессор Сибирского федерального университета. Окончил Томский государственный университет в 1960 г. Область научных интересов – обработка изображений.

Клавсуц Александр Борисович – соискатель кафедры организации производства Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 1981 г. Область научных интересов – проблема инновационного управления современным предприятием.

Клавсуц Ирина Львовна – кандидат технических наук, доцент кафедры организации производства Новосибирского государственного технического университета. Окончила Новосибирский государственный технический университет в 1981 г. Область научных интересов – проблема стратегического антикризисного управления предприятием и управления организационными изменениями.

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 вероятности.

Корягин Павел Анатольевич – аспирант Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – средства разработки информационных систем.

Краев Виктор Владимирович – аспирант кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени акаде-

мика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – технология машиностроения.

Краев Михаил Васильевич – доктор технических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук и Российской академии космонавтики имени К. Э. Циолковского, член-корреспондент академии наук высшей школы, заслуженный деятель науки и техники РФ, заведующий кафедрой двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1967 г. Область научных интересов – гидродинамика систем подачи энергодвигательных установок.

Крушенко Генрих Гаврилович – доктор технических наук, профессор кафедры двигателей летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Омский машиностроительный институт в 1955 г. Область научных интересов – экономика научных исследований, нанотехнологии.

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.

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.

Лаптенок Валерий Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-управляющих систем Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1968 г. Область научных интересов – комплексное решение задач автоматизации электронно-лучевой сварки, процессов аргонадувной сварки, пайки алюминия.

Ларюнин Олег Альбертович – аспирант Иркутского государственного университета. Окончил Иркутский государственный университет в 2004 г. Область научных интересов – ионосферы, распространение и рассеяние радиоволн в ионосфере.

Латынцев Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем искусственного интеллекта института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский технический университет в 2000 г. Область научных интересов – агентные системы, обработка изображений.

Левин Дмитрий Николаевич – кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Ринет» (г. Новосибирск). Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1987 г. Область научных интересов – адаптивная фильтрация.

Литвинов Валерий Павлович – кандидат технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Томский политехнический институт в 1967 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов.

Лоншаков Владимир Александрович – аспирант кафедры организации производства Новосибирского государственного технического университета. Окончил Новосибирский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – проблема стратегического управления предприятием.

Макаренко Андрей Александрович – аспирант кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2001 г. Область научных интересов – системы управления электроприводом, системы электропитания многодвигательного синхронно-гистерезисного электропривода, силовая электроника.

Макаренко Настасья Олеговна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2006 г. Область научных интересов – инновационный менеджмент.

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.

Москвичев Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, заместитель председателя Президиума Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук. Область научных интересов – механика деформируемого твердого тела и машиноведения, механика разрушения материалов.

Минаков Андрей Викторович – аспирант политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2005 г. Область научных интересов – численное моделирование, теплофизика гидродинамика.

Назаров Владимир Павлович – кандидат технических наук, первый проректор – проректор по учебной работе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1973 г. Область научных интересов – технология производства ракетных двигателей.

Найханова Лариса Владимировна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой системы информатики Восточно-Сибирского государственного технологического университета, заслуженный работник высшей школы Российской федерации. Окончила Иркутский государственный университет в 1973 г. Область научных интересов – искусственный интеллект.

Негрова Марина Сергеевна – аспирант кафедры социологии политических и социальных процессов, научный сотрудник факультета социологии научно-исследовательского института комплексных социальных исследований Санкт-Петербургского государственного университета. Окончила Красноярский государственный педагогический университет имени В. П. Астафьева в 2005 г. Область научных интересов – политическая и социальная стабильность, политические институты, этнополитическая конфликтология.

Нестерова Наталья Васильевна – заместитель директора по финансам ООО «Инвестиционно-строительная компания 21-й век». Окончила Красноярский государственный университет в 1989 г. Область научных интересов – инвестиционная деятельность.

Новиков Виктор Валерьевич – старший преподаватель кафедры теоретические основы электротехники политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – оптимальный синтез аналоговых и цифровых фильтров.

Новой Александр Валерьевич – бакалавр техники и технологии, студент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет в 2006 г. Область научных интересов – исследования в области надежности программного обеспечения.

Носков Михаил Валерианович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный педагогический институт в 1969 г. Область научных интересов – вычислительная математика, обработка изображений.

Окладникова Нина Васильевна – ведущий инженер-металловед ООО «Литейно-механический завод «СКАД». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1978 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительной отраслях.

Панфилов Илья Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – математическое моделирование, оптимизация, нечеткая логика, генетические алгоритмы.

Панфилова Татьяна Александровна – инженер отдела подготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – математическое моделирование, оптимизация, нечеткая логика.

Перебоева Августа Алексеевна – кандидат технических наук, доцент института химии, металлургии и материаловедения Сибирского федерального университета. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1969 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической и машиностроительных отраслях.

Петров Илья Михайлович – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский федеральный университет в 2007 г. Область научных интересов – системный анализ и обработка информации в биологических системах.

Петров Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Новосибирский электротехнический институт связи в 1974 г. Область научных интересов – исследование свойств, обработка информации.

Пономарев Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сетей и систем связи политехнического института Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1999 г. Область научных интересов – теория телетрафика, теория массового обслуживания.

Постригань Евгений Николаевич – главный бухгалтер ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Красноярский государственный университет в 1995 г. Область научных интересов – управленческий учет.

Решетникова Светлана Николаевна – заведующая методическим кабинетом при диссертационных советах Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1980 г. Область научных интересов – повышение физико-механических характеристик сплавов при производстве деталей силовых установок.

Рогулина Лариса Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и электропитания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончила Новосибирский электротехнический институт связи в 1982 г. Область научных исследований – силовая электроника.

Розанов Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный университет в 1971 г. Область научных интересов – автоматизация производственных процессов.

Сажнев Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиопередающих устройств и электропитания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Окончил Новосибирский электротехнический институт в 1973 г. Область научных интересов – силовая электроника.

Сапунов Сергей Леонидович – аспирант кафедры системного анализа и исследования операций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – моделирование и оптимизация инновационных процессов.

Саханский Сергей Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского государственного политехнического института в 1977 г. Область научных интересов – комплексное решение задач автоматизации процессов выращивания монокристаллов германия, автоматизации процессов управления очисткой сточных вод промышленных предприятий.

Сахнов Михаил Юрьевич – аспирант кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2002 г. Область научных интересов – исследование режимов работы никель-водородных аккумуляторных батарей в целях обеспечения длительного срока эксплуатации.

Слинкина Тамара Александровна – доцент кафедры физики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Комсомольский-на-Амуре государственный педагогический институт в 1962 г. Область научных интересов – физика твердого тела.

Степанова Элина Вячеславовна – старший преподаватель кафедры управления персоналом Красноярского государственного аграрного университета. Окончила Красноярский государственный аграрный университет. Область научных интересов – совершенствование меха-

низма функционирования кластеров для повышения стратегической эффективности и конкурентоспособности региона.

Стерехов Игорь Владимирович – инженер-механик ОАО «Хакасэнерго». Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества.

Тарасов Юрий Сергеевич – аспирант кафедры прикладной математики Красноярского государственного аграрного университета. Окончил Сибирский юридический институт в 2004 г. Область научных интересов – программирование.

Толманов Анатолий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Ленинградский механический институт в 1963 г. Область научных интересов – производство и ремонт летательных аппаратов и двигателей.

Толманов Иван Анатольевич – сменный заместитель начальника Центра управления полетами ООО «Air Union». Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию имени академика М. Ф. Решетнева в 2001 г. Область научных интересов – анализ и контроль ресурсного состояния авиационных двигателей в процессе эксплуатации.

Толстов Леонид Трофимович – аспирант Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1982 г. Область научных интересов – непараметрическая статистика, теория идентификации.

Толстоногов Александр Вячеславович – аспирант кафедры основ конструирования машин Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, директор ООО «НЭТА-Сибирь». Окончил Красноярский государственный технический университет в 1998 г. Область научных интересов – автоматизация процесса измерений размеров частиц полидисперсных материалов.

Третьякова Людмила Павловна – технолог ООО «Красноярский металлургический завод». Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1988 г. Область научных интересов – перспективные материалы и технологии в металлургической отрасли.

Тридворнов Александр Васильевич – ведущий инженер института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2002 г. Область научных интересов – оценка техногенных и комплексных территориальных рисков чрезвычайных ситуаций.

Трифанов Иван Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1975 г. Область научных интересов – технология производства летательных аппаратов и технологическое обеспечение качества изделий машиностроения.

Трифанова Людмила Ивановна – инженер-экономист ОАО «Союз-1». Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – технологическое обеспечение качества.

Ульянов Сергей Юрьевич – аспирант кафедры прикладной математики Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – обработка изображений.

Утенков Петр Геннадьевич – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева в 2007 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Фаворская Маргарита Николаевна – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Рыбинский авиационный технологический институт в 1980 г. Область научных интересов – искусственный интеллект, распознавание образов, обработка и распознавание изображений.

Филоненко Владимир Васильевич – преподаватель цикла авиационного радиоэлектронного оборудования Иркутского высшего военного авиационно-инженерного училища. Окончил Даугавпилсское высшее военное авиационно-инженерное училище в 1991 г. Область научных интересов – принципы и методы повышения качества работы спутниковых радионавигационных систем в неблагоприятных геофизических условиях.

Хомонов Григорий Абрамович – аспирант кафедры систем информатики Восточно-Сибирского государственного технологического университета. Окончил Восточно-Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – искусственный интеллект.

Хоролич Галина Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный университет в 1980 г. Область научных интересов – математическое моделирование сложных систем, стохастические алгоритмы оптимизации.

Цау Константин Корнелиевич – кандидат экономических наук, заместитель директора по экономике ООО «Содружество». Окончил Сибирскую аэрокосмическую академию в 2000 г. Область научных интересов – экономика, организация и управление предприятиями.

Цибульский Геннадий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем искусственного интеллекта, директор института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1973 г. Область научных интересов – агентные системы, обработка изображений.

Ченцов Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский политехнический институт в 1977 г. Область научных интересов – системы обработки информации и управления.

Якунин Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования Сибирского федерального университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2002 г. Область научных интересов – технологии разработки программного обеспечения.

Яценко Татьяна Олеговна – аспирант Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имен академика М. Ф. Решетнева в 2004 г. Область научных интересов – личность и государство.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА ... 3

Власов А. С., Ульянов С. Ю., Кашкин В. Б., Носков М. В. Использование метода сингулярного спектрального анализа для обработки данных космического дистанционного зондирования ... 4
Лапко А. В., Толстов Л. Т. Исследование свойств гибридных моделей статистических объектов ... 6
Минаков А. В., Гаврилов А. А., Дектерев А. А. Численное моделирование нестационарных течений несжимаемой жидкости со свободной поверхностью при помощи VOF метода ... 9
Ларюнин О. А., Агеева Е. Т., Афанасьева Н. Т., Демьянов В. В., Филоненко В. В. Радиофизический мониторинг ионосферных неоднородностей над сейсмически активным регионом ... 14
Макаренко А. А., Иванчура В. И. Математическое моделирование многодвигательной синхронно-гистерезисной нагрузки электропривода ... 18
Егорушкин О. И. Контекстно-свободные языки в нормальной форме Грейбах: аналитический подход ... 24
Панфилов И. А., Панфилова Т. А. Формализация задачи выбора надежного варианта программного обеспечения ... 26
Москвичев В. В., Тридворнов А. В. Зонирование территории Красноярского края по степени природного, техногенного и комплексного рисков чрезвычайных ситуаций ... 29
Вовк А. А., Цибульский Г. М., Латынцев А. А. Технология формирования «и/или» дерева решения задач анализа изображений ... 33
Алгазин Е. И., Ковалевский А. П., Малинкин В. Б. Оценка помехоустойчивости инвариантной системы обработки информации при некогерентном приеме ... 38
Кузнецов А. А., Тарасов Ю. С. Модификация алгоритма моделирования периодических групп ... 42
Рогулина Л. Г., Левин Д. Н., Малинкин В. Б., Абрамов С. С., Сажнев А. М. Алгоритм управления параллельными устройствами ... 43
Толстоногов А. В., Ереско С. П. Оптический метод измерения размеров ультрадисперсных частиц нанофазных материалов ... 46
Ильина Т. Р., Хоролич Г. Б. Формализация и решение генетическими алгоритмами задачи маршрутизации транспортных средств производственного предприятия ... 49
Фаворская М. Н., Горошкин А. Н. Модель распознавания изображений рукописного текста ... 52
Иноземцева О. С. Статистический метод построения критериев комплексных мер сложности для бортовых программ спутников связи и навигации ... 58
Петров И. М. Информационный способ системного анализа состояния организма ... 63
Петров М. Н., Пономарев Д. Ю., Гаипов К. Э, Золотухин В. В. Исследование возможностей применения тензорного метода анализа для управления информационными потоками в сетях на базе стека протоколов TCP/IP ... 65
Дегтерев Д. А., Сапунов С. Л. Численное исследование ант-алгоритмов для многомерной задачи о рюкзаке ... 69
Графеев Е. А., Петров М. Н. Электронная система управления многоадресным доступом на основе биометрических данных для защиты информации в современных базах данных ... 73
Новой А. В. Модификация NVP архитектуры с невосстанавливаемыми компонентами ... 75
Найханова Л. В., Хомонов Г. А. Применение генетического программирования при построении автоматной модели резолютивного вывода ... 78
Крушенко Г. Г., Решетникова С. Н., Цау К. К. Некоторые экономические, социальные, образовательные и экологические аспекты применения нанотехнологий ... 82
Якунин Ю. Ю. Оценка трудоемкости разработки программной системы ... 87
Калинин А. В., Ченцов С. В. Алгоритм восстановления пропусков на поле «плохих» данных ... 91
Корягин П. А. О подходе к разработке проектных информационных систем с веб-интерфейсом ... 95
Буторин Д. Н. Различные аспекты интеллектуальной обучающей системы, основанной на проблемных ситуациях ... 100

РАЗДЕЛ 2. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО–КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА ... 105

Краев М. В., Назаров В. П. Основоположник отечественного ракетно-космического двигателестроения ... 106
Бойко О. Г. О возможностях марковской аппроксимации в расчетах надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации ... 111
Толманов И. А., Толманов А. И. Методика определения технического состояния двигателя ПС-90Ф ... 113
Довгун В. П., Новиков В. В. Минимальная реализация аналоговых частотно-разделительных фильтров ... 119
Бойко О. Г., Утенков П. Г. Особенности старения одноименных систем различных типов самолетов ... 123
Горяшин Н. Н. Оптимизация параметров выходного фильтра квазирезонансного стабилизатора напряжения ... 126
Толманов И. А., Толманов А. И. Методика оптимизации ремонта двигателя ПС-90А ... 131
Сахнов М. Ю. Управление режимом работы никель-водородных аккумуляторных батарей с большим количеством аккумуляторов в составе геостационарных космических аппаратов ... 137

РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МАТЕРИАЛЫ 143

Саханский С. П., Лаптенок С. П. Динамические свойства системы автоматического управления выращиванием монокристаллов германия на основе контактного метода измерения 144
Браверман В. Я., Белозерцев В. С., Литвинов В. С., Розанов О. В. Вопросы управления формированием сварного шва при элетронно-лучевой сварке 148
Краев В. В. Особенности расчета припусков механической обработки сложных деталей 152
Богданова Т. А., Третьякова Л. П., Биронт В. С., Перебоева А. А., Окладникова Н. В. Разработка технологии получения поковок из инструментальных сталей для прессовых матриц 156
Трифанов И. В., Слинкина Т. А., Стерехов И. В., Трифанова Л. И. Исследование технологических параметров при изготовлении труб малого диаметра 160

РАЗДЕЛ 4. ЭКОНОМИКА 165

Ерыгина Л. В., Макаренко Н. О. Оценка инновационного потенциала предприятий ракетно-космической промышленности 166
Глухов А. В. Внешние экономические факторы, имеющие влияние на пополнение авиапарка Российских авиакомпаний 171
Джурабаев К. Т., Клавсуц А. Б., Клавсуц И. Л., Лоншаков В. А. Стратегия инновационного управления предприятием 173
Ерыгина Л. В., Постригань Е. Н. Стратегическое планирование технологических инноваций предприятия 178
Степанова Э. В. Совершенствование механизма функционирования лесного кластера 183
Аринин В. А. Автоматизация процесса планирования инновационной деятельности предприятий 186
Зеленская Т. В., Нестерова Н. В. Проблемы применения методов оценки теневого капитала как инструментов регулирования региональной экономики 192
Вингерт В. В. Методика оценки конкурентной среды отраслевых товарных рынков 197

РАЗДЕЛ 5. ФИЛОСОФИЯ И СОЦИОЛОГИЯ 203

Негрова М. С. Политические факторы стабильности современного российского общества (на примере Красноярского края) 204
Яценко Т. О. Соборная личность как социальный институт 208
Алексахина Т. А. Категория стоимости с позиций космической модели мира 215

CONTENTS

PART 1. MATHEMATICS, MECHANICS, INFORMATICS 3

Vlasov A. S., Ylyanov S. Y., Kashkin V. B., Noskov M. V. Use of a method singular spectral analysis for processing of space remout sounding 4
Lapko A. V., Tolstov L. T. Investigation of hybrid models characteristics of static objects 6
Minakov A. V., Gavrilov A. A., Dekterev A. A. Numerical simulation unsteady flow with free surface by using of vof method 9
Laryunin O. A., Ageeva E. T., Afanasiev N. T., Demyanov V. V., Filonenko V. V. Radiophysical monitoring of ionospheric inhomogeneities above the seismic region 14
Makarenko A. A., Ivanchura V. I. Mathematical modelling of synchronous hysteresis load of electric drive 18
Egorushkin O. I. Greibach normal form of context-free languages: tne analitic approach 24
Panfilov I. A., Panfilova T. A. Formalization of reliable variant of software choice problem 26
Moskvichev V. V., Tridvornov A. V. Zoning of territory of Krasnoyarsk region on degree of natural, man-made and complex risks 29
Vovk A. A., Tsybulski G. M., Latyntsev A. A. Technology of forming «and/or» solving tree for problems of the images analysis 33
Algazin E. I., Kovalevsky A. P., Malinkin V. B. Estimation of noise immunity of the invariant system of information processing by non-coherent reception 38
Kuznetsov A. A., Tarasov Y. S. Periodic groups modelling modified algorithm 42
Rogulina L. G., Levin D. N., Malinkin V. B., Abramov S. S., Sazhnev A. M. Algorithm of parallel device management 43
Tolstonogov A. V., Eresko S. P. The optical method of measurement of the sizes of ultradisperse particles nanomaterials 46
Ilina T. R., Khorolich G. B. Formalizing and solving with genetic algorithms the vehicle rooting problem for industrial transport 49
Favorskaya M. N., Goroshkin A. N. The invariant model for image recognition of hand-written text 52
Inozemtzeva O. S. Statistic method of summary complexity measures criteria building of the on-board software for the communication and navigation satellites 58
Petrov I. M. Information way of diagnostics of a condition of an organism 63
Petrov M. N., Ponomarev D. Y., Gaipov K. E., Zolotuhin V. V. Possibilities research of tensor analysis for traffic control in TCP/IP networks 65
Degterev D. A., Sapunov S. L. Numerical investigation of ant-algorithms for many-dimensional knapsack problem 69
Grafeev E. A., Petrov M. N. Electronic control system of multiple-address access on the basis of biometric data for protection of the information in databases 73
Novoy A. V. Modification of NVP architecture with nonrestorable components 75
Naykhanova L. V., Khomonov G. A. The use of the genetic programming in the problem of the automata-based resolutive deduction models building 78
Krushenko G. G., Reshetnikova S. N., Tsau K. K. Some economical, social, educational and ecological aspects of nanotechnologies use 82
Yakunin Yu. Yu. Estimation of labour productivity of development of program system 87
Kalinin A. V., Chentsov S. V. Algoritm of restoration of the data on a fild of the «bad» data 91
Koryagin P. A. About approach to development of web-based projective information systems 95
Butorin D. N. Different aspects of intellectual teaching system based on problem situation 100

PART 2. AVIATION, ANDSPACE-ROCKET ENGINEERING 105

Krayev M. V., Nazarov V. P. The founder of Russian rocket–space engine building 106
Boyko O. G. About the possibility of marc's approximation in the calculations of reliability of the civil aviation airplanes functional systems 111
Tolmanov I. A., Tolmanov A. I. The methodic of engine PS-90A technical condition definition 113
Dovgun V. P., Novikov V. V. Minimal realization of analog diplexers 119
Boyko O. G., Utenkov P.G. Features of ageing same systems of various types of planes 123
Goryashin N. N. The optimization of output filter parameters of quasi-resonant voltage regulator 126
Tolmanov I. A., Tolmanov A. I. The methodic of the PS-90A repairment optimization 131
Sakhnov M. Y. Control procedures of nyckel-hydrogen storage batteries with many numbers of cells in structure of geostationary space vehicles 137

PART 3. TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS 143

Sakhanski S. P., Laptenok V. D. Dynamic properties of the system of automatic monitoring of germanium monocrystals growing based on contact method of measurement 144
Braverman V. Y., Belozertsev V. S., Litvinov V. P., Rozanov O. V. Issues relating to controlling seam formation process beam welding 148
Krayev V. V. Characteristics of calculation of mechanical machining allowancing difficult parts 152
Bogdanova T. A., Tretyakova L. P., Bironf V. S., Pereboeyva A. A., Okladnikova N. V. The development of the technology of the heat treatment of the pressing equipment 156
Trifanov I. V., Slinkina T. A., Sterehov I. V., Trifonova L. I. Research of technological parameters at producting of small diameter pipes 160

PART 4. ECONOMICS 165

Erygina L. V., Makarenko N. O. Estimation of innovative potential of the enterprises of the space-rocket industry 166
Glukhov A. V. External economic factors affecting the refill of Russian aircompanies' aircraft park 171
Dgurabaev K. T., Klavsuts A. B., Klavsuts I. L., Lonshakov V. A. Strategy of innovative management in enterprise 173
Erygina L. V., Postrigan E. N. Technological innovations strategic planning of the enterprise 178
Stepanova E. V. Improvement the functioning mechanism of timber cluster 183
Arinin V. A. Automatizing of the process of enterprises innovation activity planning 186
Zelenskaja T. V., Nesterova N. V. Problems of application of the methods of estimation of shadow capital as instruments of regulation of regional economy 192
Vingert V. V. Technique of the estimation of the competitive environment of the branch commodity markets 197

PARTS 5. PHILOSOPHY AND SOCIOLOGY 203

Negrova M. S. Political factors of stability of the society (on the example of Krasnoyarsk region) 204
Yatsenko T. O. Conciliar identity as social institute 208
Aleksakhina T. A. The category of value in stand of Cosmic model of the world 215