ВЕСТНИК

Сибирского государственного
аэрокосмического университета
имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 5 (12)

Красноярск 2006

ВЕСТНИК

Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Выпуск 5 (12)

Главный редактор
доктор экономических наук
профессор
Г. П. Беляков

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

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

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

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охраны культурного наследия

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

Издано при поддержки ФЦНТП по проекту № 2006-РИ-16.0/001

Редактор Т. А. Ермолаева, Е. Г. Некрасова
Корректор Л. А. Гришанова
Компьютерная верстка М. А. Белоусовой
Подп. в печать 15.12.2006. Формат 70Ч108/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл.-печ. л. 16,3.
Уч.-изд. л. 38,4. Тираж 500 экз. Заказ 921. С 79.
Редакционно-издательский отдел
Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та.
660014, г. Красноярск,
просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31.
Отпечатано в типографии «Город».
660125, г. Красноярск, ул. Водопьянова, 2-241

© Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 2006
© Коллектив авторов, 2006

УДК 621.396.96.001(07)

А. В. Андропов

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВНУТРИТРУБНЫХ СНАРЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ГЛОНАСС/GPS

Рассмотрено комплексирование данных бесплатформенной инерциальной навигационной системы внутритрубного снаряда и координатных данных пунктов коррекции (маркеров), оснащенных приемниками ГЛОНАСС/GPS, с использованием алгоритмов фильтрации и сглаживания.

Реализуемые в настоящее время крупные проекты по строительству магистральных трубопроводов (МТ), старение старых, повышение объемов добычи и транспортировки углеводородного сырья на фоне ужесточающихся требований по безопасности и экологичности заставляют по-новому взглянуть на аспекты мониторинга и диагностики состояния магистральных трубопроводов. Получившая в последнее время широкое распространение технология внутритрубной неразрушающей дефектоскопии с использованием автономных внутритрубных инспекционных снарядов (ВИС) позволила многократно повысить надежность и безаварийность магистральных трубопроводов [1]. При этом наряду с высокими достижениями в области внутритрубной дефектоскопии имеются очевидные проблемы навигационного обеспечения данных измерений и контроля пространственного положения подземных и подводных трубопроводов. В частности, должны быть решены следующие задачи:

– определены с высокой точностью географических координат дефекты ВИС, при этом вскрытие трубопровода должно быть минимальным;

– определены с высокой точностью географических координат траектории ВИС для контроля пространственного положения МТ.

Контроль пространственного положения МТ с целью своевременного обнаружения оползней, провалов, пучинистостей и других трубопроводными операторами России в настоящее время не проводится из-за отсутствия эффективных методик и аппаратуры. В середине 90-х гг. развитие технологий инерциальной навигации позволило создавать ВИС на борту с бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС). Однако основная задача системы – ориентации снаряда – высокая точность – не решается из-за низкой точности автономных БИНС. Значения основных инструментальных среднеквадратических погрешностей некоторых серийно выпускаемых инерциальных навигационных систем (ИНС) (полуаналитической ИНС «Маршрут», выполненной на поплавковых гироскопах, бесплатформенных «Lasernav», созданных на лазерных гироскопах, и «LITEF», в основу которых легли динамически настраиваемые гироскопы), приведены в табл. 1.

В таблице приводятся только значения $m_г$ в связи с идентичностью характера влияния погрешностей в и погрешностей коэффициентов *mr*, а также их примерного равенства $\beta \approx m_г$. Результаты расчета погрешностей координат, вызванных различными инструментальными погрешностями ИНС (табл. 1), с использованием аналитических выражений, полученных в [2], приведены в табл. 2. Расчет проведен на основе исходных данных:

– погрешности координат вызванные β и $m_г$ рассчитаны для максимальной амплитуды угловых движений ВИС А = 2 град;

– интервал корреляции $\tau_{кор}$ смещения нуля акселерометра, характеризующий его изменчивость, принят равным 2 ч;

– временные интервалы движения Т приняты 300 и 500 с, что при средней скорости движения ВИС $V \approx 4$ м/с соответствует длине траектории пройденных участков L_0 1,2 и 2 км, что соответствует типовому расстоянию между маркерными пунктами при внутритрубной диагностике;

– принимается непрямолинейность траектории т. е. $L_\perp = L = L_0/2$, где $L_\perp$ – длина траектории в поперечном направлении, L – длина траектории в продольном направлении.

Значение ошибки начальной выставки по курсу α_z и отвечающая ей погрешность начальной выставки по курсу соответствуют режиму двойного гирокомпасирования или использования промежуточной реперной точки (числитель) и режиму гирокомпасирования (знаменатель) (табл. 1, 2).

Таблица 1

Название ИНС	Значение основных инструментальных погрешностей (СКО)							
	$\Delta\omega$, град/ч	V_ω, град/ч	V_δ, угл. с	Δa, угл. с	V_a, угл. с	m_a, рад	$m_г$, рад	α_z, угл. с / угл. мин
«Маршрут»	$5\cdot10^{-3}$	–	1	0,5	2	10^{-5}	10^{-4}	30 / 2,5
«Lasernav»	$8\cdot10^{-3}$	$2\cdot10^{-3}$	–	3	2	$5\cdot10^{-5}$	$5\cdot10^{-6}$	30 / 3,5
«LITEF»	$3\cdot10^{-2}$	$1\cdot10^{-2}$	–	10	1	10^{-4}	10^{-4}	30 / 13

Таблица 2

Инструментальная погрешность БИНС	Выражение для оценки влияния	Погрешность координат на времени T («*Маршрут*»/«*Lasernav*»/«*LITEF*»), см	
		T = 300 с	T = 500 с
Постоянная скорость ухода ($\Delta\omega$)	$\Delta\omega\dfrac{\tilde{g}T^3}{6}$	110 / 173 / 675	495 / 792 / 2969
Белошумная скорость ухода гироскопа (V_ω)	$V_{щ}\dfrac{\tilde{g}T^{5/2}}{\sqrt{20}}$	– / 3 / 16	– / 11 / 59
Белошумная ошибка гироскопической следящей системы (V_δ)	$V_\delta\dfrac{\tilde{g}T^{3/2}}{\sqrt{3}}$	13 / – / –	50 / – / –
Погрешность установки β и масштаба $m_г$ гироскопа	$m_г\tilde{g}\dfrac{T^3}{6}$ платформенная	40 / – / –	204 / – / –
	$m_г A\tilde{g}\dfrac{T^2}{2}$	– / 8 / 160	– / 21 / 428
Нестабильность смещения нуля акселерометра (Δa)	$\Delta a\dfrac{\tilde{g}T^{5/2}}{\tau_{кор}^{1/2}\sqrt{10}}$	16 / 94 / 312	56 / 340 / 1134
Белошумная ошибка акселерометра (V_a)	$V_a\dfrac{\tilde{g}T^{3/2}}{\sqrt{3}}$	16	80
Погрешность масштаба акселерометра (m_a)	$m_a L$	1 / 3/ 6	1 / 5/ 10
Погрешность начальной выставки по курсу	$\alpha_z L_\perp$	[15] / [45/63/234]	[50] / [75/105/390]

Исходя из результатов расчетов (табл. 2), можно сделать вывод, что автономные ИНС без коррекции не позволяют достичь требуемой точности определения координат трубопровода. Известно, что при проектировании и эксплуатации магистральных трубопроводов большое значение имеет точность координатной информации, например в приложениях, касающихся измерений пространственного положения МТ и изменений пространственного положения, а также при проведении обследования состояний подводных участков МТ требуемая точность определения координат составляет ±0,5 м [3]. Для достижения такой точности и решения поставленных задач могут быть использованы спутниковые радионавигационные системы в комплексе с оборудованием ИНС внутритрубного инспектирующего снаряда (рис. 1).

Система представляет собой комплекс для определения координат продольной оси МТ с использованием ВИС, оснащенного интегрированной БИНС, корректируемой с использованием наружных аппаратных средств (маркеров). Система функционирует в двух режимах: режиме сбора данных и режиме последующей обработки. Она может быть охарактеризована как система с обзорно-сравнительным методом коррекции, использующим априорные сведения о координатах отдельных точек трубопровода, определенных в данном случае по сигналам СРНС ГЛОНАСС/GPS [4]. Специфика внутритрубной диагностики МТ на основе применения ВИС заключается в том, что измерительная информация на борту ВИС не обрабатывается, записываются только показания датчиков для последующей обработки на ЭВМ. Таким образом, разделяются во времени операция сбора и обработки диагностической информации. Предлагается также разделить по времени операцию сбора показаний датчиков ИНС и операцию их постобработки в наземной подсистеме, функциональная схема которой приведена на рис. 2. Для комплексирования данных БИНС, показаний системы одометров снаряда и данных спутниковой радионавигационной системы (СРНС) используется расширенный фильтр Калмана и сглаживающий алгоритм. Задачей фильтра Калмана является оценка вектора погрешностей БИНС и одометра.

Вектор состояния S, оцениваемый фильтром Калмана (рис. 3) описывается выражением

$$S = (\Psi, \delta V, \delta k, \delta\alpha, \delta\beta, \Delta\omega, \Delta A)^T,$$

где Ψ – вектор погрешности пространственного положения снаряда, определенного по данным ИНС; δV – вектор погрешности скорости; ΔA – нестабильность смещения нуля акселерометров; $\Delta\omega$ – постоянная скорость ухода гироскопов; δk – погрешность корректирующего коэффициент масштаба одометра; $\delta\alpha$, $\delta\beta$ – погрешность корректирующих коэффициентов учитывающих погрешность установки гироскопических элементов по осям снаряда.

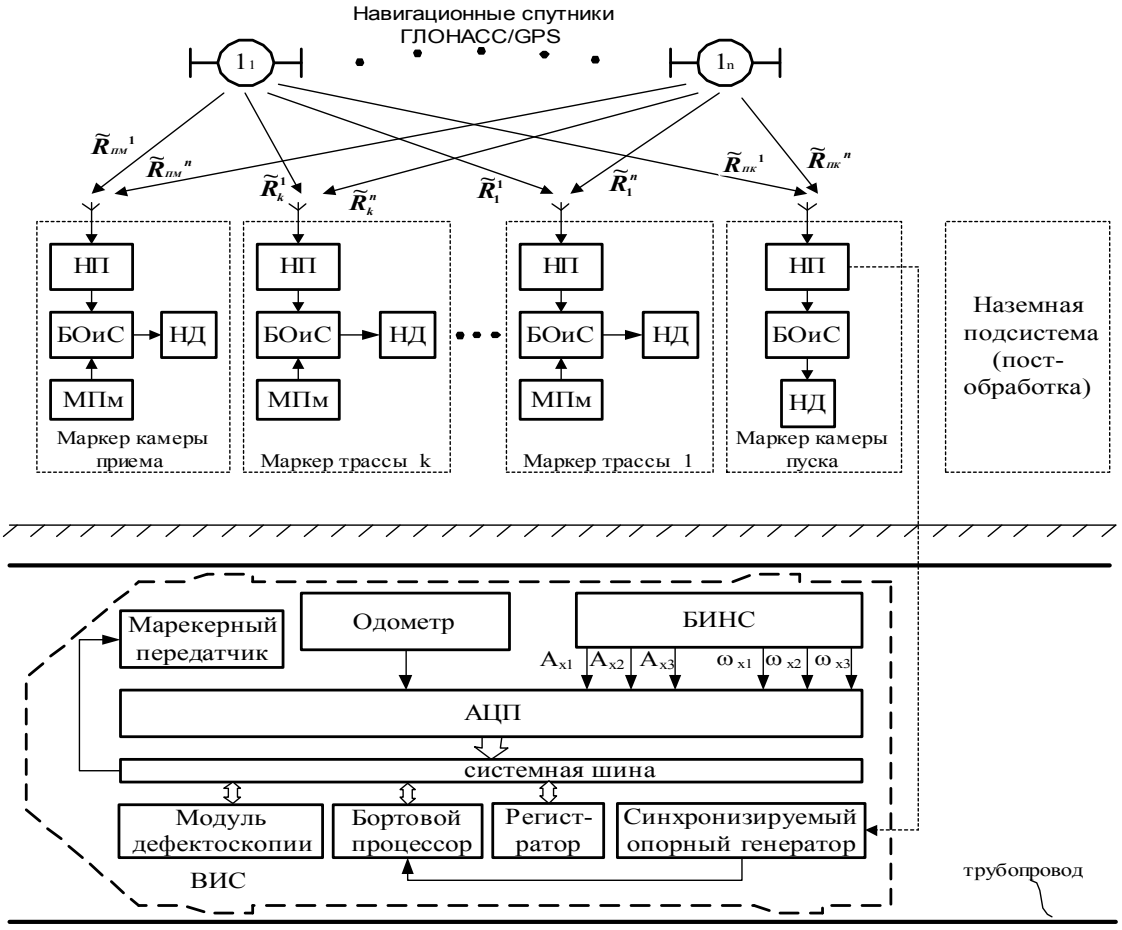


Рис. 1. Структурная схема системы комплексного обследования магистральных трубопроводов: НП – навигационный приемник; БОиС – блок обработки и сопряжения; МПм – маркерный приемник; НД – накопитель данных

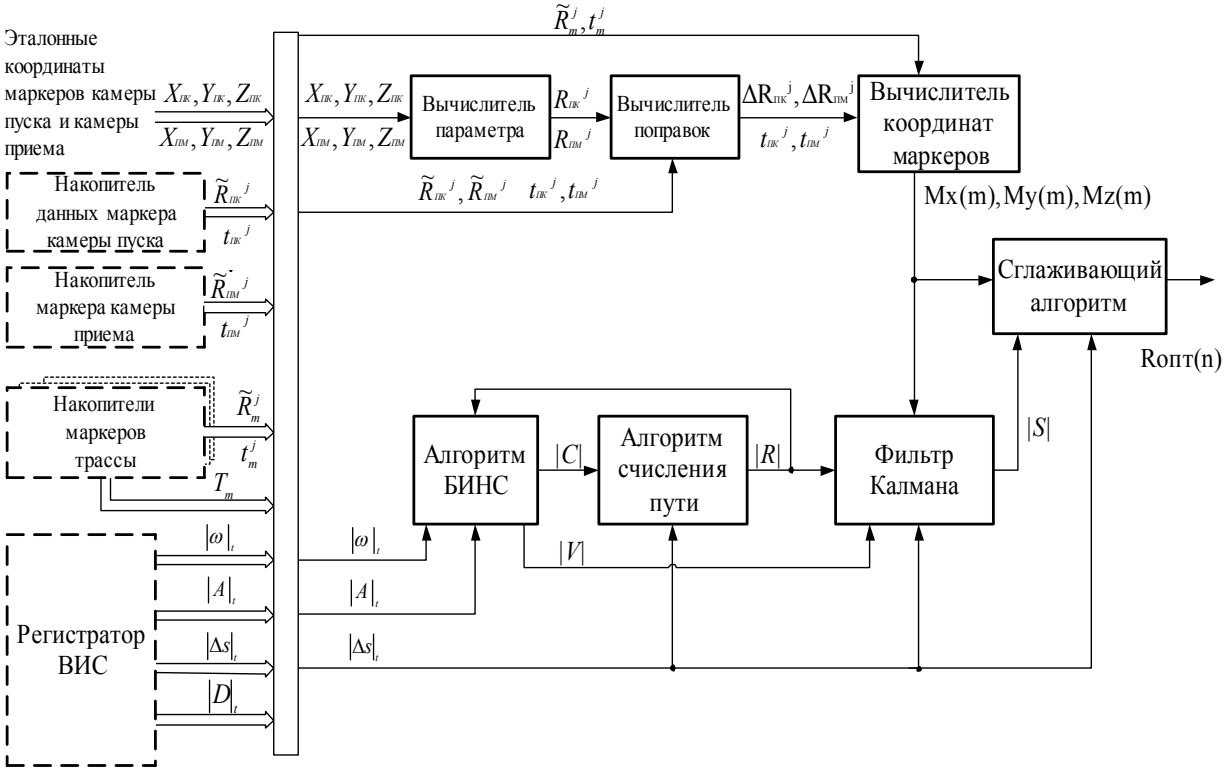


Рис. 2. Функциональная схема наземной подсистемы

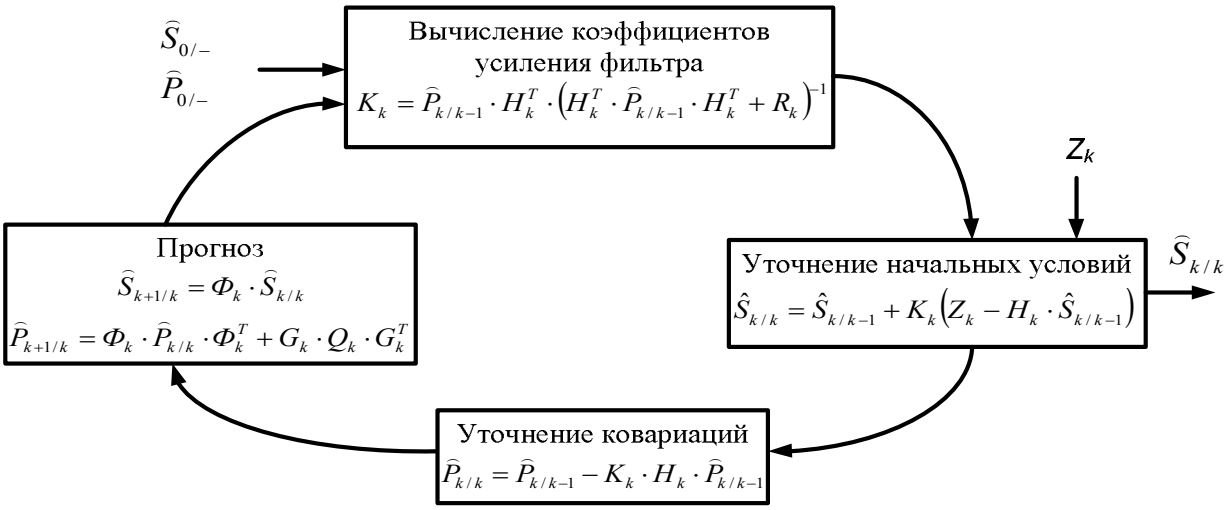


Рис. 3. Структура оптимального фильтра

Вектор измерений Z представляет собой вектор погрешностей и формируется как разность одноименных показаний ИНС и одометра, ИНС и СРНС. Вектор измерений на основе данных одометра определяется по выражению

$$z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int\limits_{t_{j-1}}^{t_j} V \cdot 1x_1 dt - k\Delta s(j) \\ \int\limits_{t_{j-1}}^{t_j} V \cdot 1x_2 dt - \alpha\Delta s(j) \\ \int\limits_{t_{j-1}}^{t_j} V \cdot 1x_3 dt - \beta\Delta s(j) \end{bmatrix},$$

где V – вектор скорости, полученный по результатам измерений БИНС, k – корректирующий коэффициент масштаба одометра; α, β – корректирующие коэффициенты, учитывающие погрешность установки гироскопических элементов; t_{j-1} – временное соответствие началу j-го интервала замеров; t_j – временное соответствие концу j-го интервала замеров, $\Delta s(j)$ – показания одометра – расстояние, пройденное за j-й интервал замеров; $1x_1$, $1x_2$, $1x_3$ – единичные векторы, определяющие 3 ортогональных оси снаряда, положение которых в географической системе координат характеризуется строками матрицы направляющих косинусов C. При формировании вектора измерений с использованием данных СРНС применяется разность координат двух соседних маркеров (относительные координаты). Вектор измерений, полученный на основе данных о координатах маркеров, определенных по сигналам СРСН, в первом случае представляет собой погрешность счисления и формируется как разность счисленного положения маркера и положения маркера, определенного СРНС, или в относительных координатах:

$$z = \begin{bmatrix} z4 \\ z5 \\ z6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Rx(m) - Rx(m-1) \\ Ry(m) - Ry(m-1) \\ Rz(m) - Rz(m-1) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Mx(m) - Mx(m-1) \\ My(m) - My(m-1) \\ Mz(m) - Mz(m-1) \end{bmatrix},$$

где $Rx(m)$, $Ry(m)$, $Rz(m)$ – счисленные координаты ВИС, соответствующие маркеру m; $Mx(m)$, $My(m)$, $Mz(m)$ – координаты маркера m, определенные по данным СРСН.

Во втором случае координаты, соответствующие положению маркеров m и $m - 1$, полученные по данным БИНС (интегрированием инерциального вектора скорости V), сравниваются с координатами маркеров, полученных по данным СРНС или, в относительных координатах,

$$z = \begin{bmatrix} z7 \\ z8 \\ z9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int\limits_{t_{N-1}}^{t_N} V_x dt \\ \int\limits_{t_{N-1}}^{t_N} V_y dt \\ \int\limits_{t_{N-1}}^{t_N} V_z dt \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Mx(m) - Mx(m-1) \\ My(m) - My(m-1) \\ Mz(m) - Mz(m-1) \end{bmatrix}.$$

Полученный вектор погрешностей S используется в сглаживающем алгоритме, где происходит коррекция показаний БИНС, пересчет матрицы направляющих косинусов C, и на основании откорректированных данных заново запускается алгоритм счисления пути. Счисление для каждого участка между маркерами m и $m - 1$ начинается с точно известного положения маркера $m - 1$. Очевидно, что погрешность счисления нарастает по мере удаления от маркера $m - 1$ и достигает максимального значения в точке m. Запуск в блоке оптимального сглаживания алгоритма счисления пути в обратном направлении с точно известного положения маркера m, формирует траекторию, погрешность которой минимальна у маркера m и максимальна в точке $m - 1$. Оптимальная, комбинированная из прямого и обратного счисления пути оценка координат снаряда в каждой из

n точек меду маркерами k и $k + 1$ определится по выражению

$$R_{\text{опт}}(n) = (P_{\text{прям}}(n)^{-1} + P_{\text{обр}}(n)^{-1}) \times$$
$$\times (R_{\text{прям}}(n)P_{\text{прям}}(n)^{-1} + R_{\text{обр}}(n)P_{\text{обр}}(n)^{-1}),$$

где $R_{\text{прям}}(n)$, $R_{\text{обр}}(n)$ – векторы счисленных координат во внутренней точке n меду маркерами k и $k + 1$ для прямого и обратного счисления соответственно; $P_{\text{прям}}(n)$, $P_{\text{обр}}(n)$ – ковариационные матрицы погрешности для прямого и обратного счисления соответственно.

Учитывая, что Ψ, $\delta\alpha$, $\delta\beta$, δk меняются на интервале между маркерами медленно, принимается, что они постоянны. Ковариационные матрицы погрешности для прямого и обратного направления описываются выражениями

$$P_{\text{прям}}(n) = \mathrm{M}\left(\delta R_{\text{прям}}(n)\delta R^T{}_{\text{прям}}(n)\right) = H_{\text{прям}}(n) \times$$
$$\times \mathrm{M}(zz^T)H^T{}_{\text{прям}}(n) = H_{\text{прям}}(n)p(m)H^T{}_{\text{прям}}(n);$$

$$P_{\text{обр}}(n) = \mathrm{M}\left(\delta R_{\text{обр}}(n)\delta R^T{}_{\text{обр}}(n)\right) = H_{\text{обр}}(n) \times$$
$$\times \mathrm{M}(zz^T)H^T{}_{\text{обр}}(n) = H_{\text{обр}}(n)p(m)H^T{}_{\text{обр}}(n),$$

где M – оператор математического ожидания; $H_{\text{прям}}(n)$, $H_{\text{обр}}(n)$ – матрицы измерения; z – вектор погрешности $z = [\Psi x \quad \Psi y \quad \Psi z \quad \delta k \quad \delta\alpha \quad \delta\beta]$; $p(N)$ – ковариационная матрица погрешности вектора z.

Таким образом, на выходе блока оптимального сглаживания для каждого интервала между маркерами получаем исправленные координаты ВИС $R_{\text{опт}}(n)$ в каждой n точке интервала.

Кроме описанного выше алгоритма коррекции данных БИНС точность определения координат в системе повышается за счет привязки временной шкалы измерительной системы к временной шкале спутниковой радионавигационной системы $L_1 \ldots L_n$, тем самым повышается точность взаимной синхронизации меток времени системы маркеров и оборудования внутритрубного инспектирующего снаряда. Для этих целей перед пуском ВИС в камере пуска синхронизируемый опорный генератор соединяется с навигационным приемником камеры пуска на время, требуемое для синхронизации. Использование аппаратуры МРК-23 в составе комплекса маркеров позволит обеспечить синхронизацию временной шкалы снаряда и маркеров с погрешностью до 150 нс и определить координаты маркеров со среднеквадратической погрешностью ±5 см в относительном режиме. В качестве опорных станций используют маркер камеры приема и маркер камеры пуска при условии, что эталонные координаты фазовых центров антенн навигационных приемников известны.

Для оценки погрешностей системы проводилось математической моделирование разработанных алгоритмов комплексирования с использованием пакета MathCAD 2001 Professional с соблюдением следующих условий:

– применялась система БИНС «Lasernav» с использованием лазерных гироскопов;

– расстояние между маркерами составляло 2 км;

– погрешность системы одометров равнялась ±0,5 %;

– погрешность определения координат маркеров составляла ±0,5 см.

По результатам моделирования погрешность определения координат трубопровода в области максимальной погрешности (в центре участка между маркерами) составила ±0,5 м. При уменьшении расстояния между маркерами до 500 м погрешность определяется погрешностью координат маркеров.

Разработанные алгоритмы и система могут быть использованы для определения пространственного положение подземного трубопровода с погрешностью менее 1 м. Это позволит применять результаты периодических траекторных измерений для контроля изменений пространственного положения трубопровода и оценки напряженных состояний, определения координат дефектов, а в комплексе с гидрографическими промерными системами – контролировать состояние подводных участков МТ.

Библиографический список

1. Шумайлов, А. С. Диагностика магистральных трубопроводов / А. С. Шумайлов, А. Г. Гумеров, О. И. Молдаванов. М. : Недра, 1992. 251 с.

2. Дмитриев, С. П. Инерциальные методы в инженерной геодезии / С. П. Дмитриев ; ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор». СПб., 1997. 208 с.

3. Хренов, Н. Н. Применение аэрокосмических методов для диагностики трубопроводных геотехнических систем мониторинга окружающей среды / Н. Н. Хренов, С. А. Егурцов. М., 1996.

4. Пат. 2261424 RU C1 Российская Федерация. Система для определения координат трассы и координат дефектов подземного трубопровода / А. В. Андропов, В. И. Кокорин ; опубл. 27.09.2005. Бюл. № 27.

A. V. Andropov

RAISE OF ACCURACY OF POSITIONING OF INTRATRUMPET INSPECTION GEARS WITH USE OF DATA GLONASS/GPS

It is considered the integration of data of the strapdown inertial navigational system of intratrumpet gear and coordinate data of points of correction (magloggers) equipped by receivers GLONASS/GPS with use of filtering and smoothing algorithms.

УДК 669.71

А. Г. Архипов, П. В. Поляков

ИЗУЧЕНИЕ ОБЖИГА АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Стадия обжига и пуска является одним из главных факторов, влияющих на срок службы алюминиевого электролизера. В мировой алюминиевой промышленности до сих пор нет единого мнения о лучшем способе, регламенте обжига и пуска электролизеров. Представлены математические модели двух наиболее распространенных способов обжига электролизеров: обжига на коксе и плазменного обжига, полученные в результате расчета температурных, электрических полей и напряженно-деформированного состояния электролизеров с использованием конечно-элементного пакета ANSYS и CFD-пакета «Star-CD».

Главной причиной преждевременного выхода из строя алюминиевого электролизера является нарушение целостности подины и, как следствие, протек расплава к блюмсам и в цоколь электролизера. Одним из главных факторов, влияющих на целостность подины (по данным М. Сорлье и Х. Ойя [1], это 25 %), является технология обжига и пуска электролизера. Поэтому проблема выбора оптимального метода обжига и пуска электролизера является достаточно актуальной.

Существенную помощь в выборе оптимальных технологических параметров обжига и пуска может оказать математическое моделирование процессов, протекающих в электролизере, основанное на оценке тепловых, электрических полей электролизера, напряженно-деформированного состояния (НДС) катодного устройства и целостности подины.

Обжиг – это предварительный нагрев электролизера до температур, близких к рабочим, перед заливкой в него электролита с температурой 960…980 °С (пуск) и металла. Обжиг служит для достижения следующих целей:

– создания монолитной подины;

– уменьшения натриевого расширения при пуске;

– уменьшения термического удара при заливке электролита.

Вследствие неправильного или некачественного обжига нарушение целостности подины в процессе обжига или при пуске может произойти по следующим причинам:

– вследствие возникновения трещин и расслоений в швах вследствие термических напряжений;

– отрыва межблочных швов от продольных и торцевых сторон подового блока и последующего протека расплава к блюмсам и в цоколь электролизера;

– отрыва периферийных швов от бортовой футеровки и торцевых сторон подового блока и протека расплава к блюмсам и в цоколь электролизера;

– неравномерности натриевого расширения;

– неравномерности распределения тока в подине.

Эти причины могут быть вызваны неодинаковым термическим расширением стального катодного кожуха, материалов футеровки и подовых блоков, усадкой подовой массы в процессе коксования, высокими термическими градиентами по поверхности и высоте подины.

Существует несколько способов обжига электролизеров, которые можно разбить на две группы: обжиг внутренними и обжиг внешними источниками тепла. В настоящее время в алюминиевой промышленности наибольшую популярность получили два способа обжига: обжиг на коксе электролизера, являющийся разновидностью обжига внутренними источниками тепла и пламенный обжиг – разновидность обжига внешними источниками тепла. Рассмотрим построение математической модели происходящих в электролизе процессов для каждого из этих способов.

Расчет обжига на коксе электролизера с обожженными анодами. Как мы уже отмечали, обжиг на коксе является разновидностью обжига внутренними источниками тепла. Нагрев электролизера происходит за счет Джоулевого тепла, которое выделяется в анодах, угольной подине и слое прокаленного нефтяного кокса (коксовой крупки), который укладывается на подину и на который ставятся аноды. Электролизер включается в электрическую цепь электролизного корпуса и обжигается в течение 68…74 ч. Когда температура подины становится близка к рабочей, обжиг заканчивается и начинается пуск электролизера, когда в него заливается электролит с рабочей температурой около 960 °С. Обжиг на коксе обычно проводится с использованием шунтов-реостатов, за счет которых часть тока проходит мимо электролизера для того, чтобы сделать нагрев подины более плавным и избежать токового удара. Во время обжига шунты-реостаты по очереди отключают, постепенно увеличивая нагрузку.

Для оценки тепловых полей и напряженно-деформированного состояния катодного устройства при обжиге на коксовой крупке по чертежам и технологической инструкции была построена трехмерная конечно-элементная модель электро-

лизера с обожженными анодами при обжиге на коксе.

Поскольку электролизер имеет симметричную конструкцию, то строилась модель четверти электролизера, состоящая из катодного устройства, обожженных анодов со штангами, части анодной и катодной ошиновки и коксовой постели (рис. 1). Пространство между бортом и анодом и верх анодов засыпаны флотационным криолитом, пространство между анодами заполнено воздухом, а сверху закрыто асбестовым картоном. Катодное устройство состоит из углеродных подовых блоков, в которые заделаны специальной пастой или залиты чугуном стальные блюмсы; под подовыми блоками располагаются несколько слоев огнеупорных и теплоизоляционных материалов; по бокам катодного устройства на огнеупорной бровке установлены угольные бортовые блоки или карбидокремниевые плиты. Пространство между ними и подовыми блоками, а также между самими блоками набито углеродной подовой массой. Все катодное устройство заключено в стальной кожух.

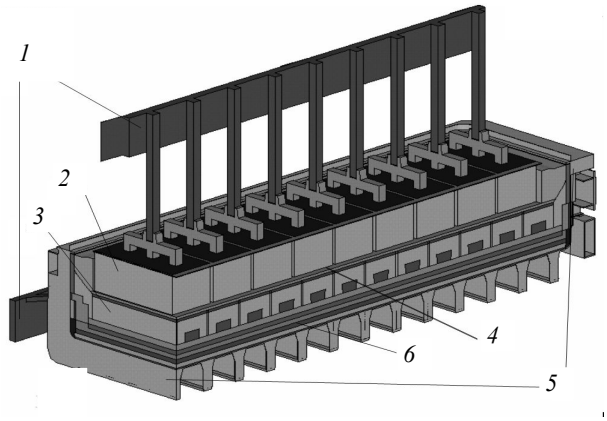


Рис. 1. Модель четвертой части электролизера с обожженными анодами при обжиге на коксе: *1* – часть ошиновки; *2* – обожженные аноды; *3* – подовые блоки; *4* – коксовая крупка; *5* – стальной кожух; *6* – теплоизоляция и огнеупоры

Разработка и отладка математической модели обжига на коксе электрорлиза производилась с учетом температур и напряжений, измеренных при обжиге реальных электролизеров на коксе.

Для нахождения температурного поля электролизера во время обжига необходимо решить сопряженную нестационарную задачу, состоящую из двух задач – теплопроводности и электропроводности [2].

Для решения этой задачи применялся конечно-элементный пакет ANSYS.

Конечно-элементная модель состояла из структурированной шестигранной сетки. В термоэлектрической модели присутствовало около 90 000 узлов, 80 000 элементов SOLID-69 и 50 материалов. Как в термоэлектрической модели, так и в модели расчета напряженно-деформированного состояния использовались тепловые, электрические и механические свойства исходных материалов, зависящие от температуры. Для решения нестационарной термоэлектрической задачи задавались следующие свойства: удельная теплопроводность, теплоемкость, плотность, а также удельное электрическое сопротивление.

Ставились следующие граничные условия: ток прикладывался к границе анодной ошиновке, а нулевой потенциал – к выходу катодной ошиновки; коэффициенты теплоотдачи, включающие конвективную и лучистую составляющие, определялись на внешних поверхностях электролизера.

Коэффициенты теплоотдачи задавались в табличном виде для учета температурной зависимости. Коэффициенты конвективной теплоотдачи рассчитывались по эмпирической формуле, в которую входила зависимость температуры стенки и температуры окружающей среды от положения стенки в пространстве (горизонтального или вертикального) и ее характерного размера. Коэффициент теплоотдачи излучением задавался в зависимости от степени черноты материала, температуры стенки и температуры окружающей среды. Для катодного кожуха угловой коэффициент брался равным 0,5.

Отключение шунтов реостатов моделировалось путем скачкообразного увеличения силы тока во времени, значения которой выбирались согласно замерам тока, текущего через электролизер во время обжига реальных электролизеров на коксовой крупке.

Нестационарный термоэлектрический расчет выполнялся от момента подключения электролизера на обжиг до 72 ч обжига с шагом 4 ч при температуре окружающей среды 0 °С (рис. 2).

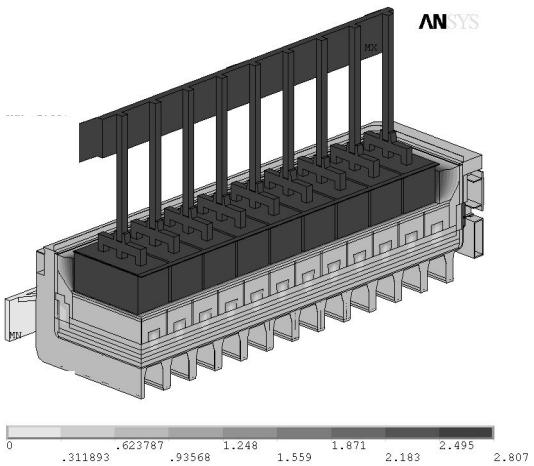


Рис. 2. Распределение электрического потенциала В через 48 ч обжига

После получения температурного поля анализировались распределение температур (рис. 3) и температурные градиенты (рис. 4) (высокие температурные градиенты были отмечены в крайней подовой секции).

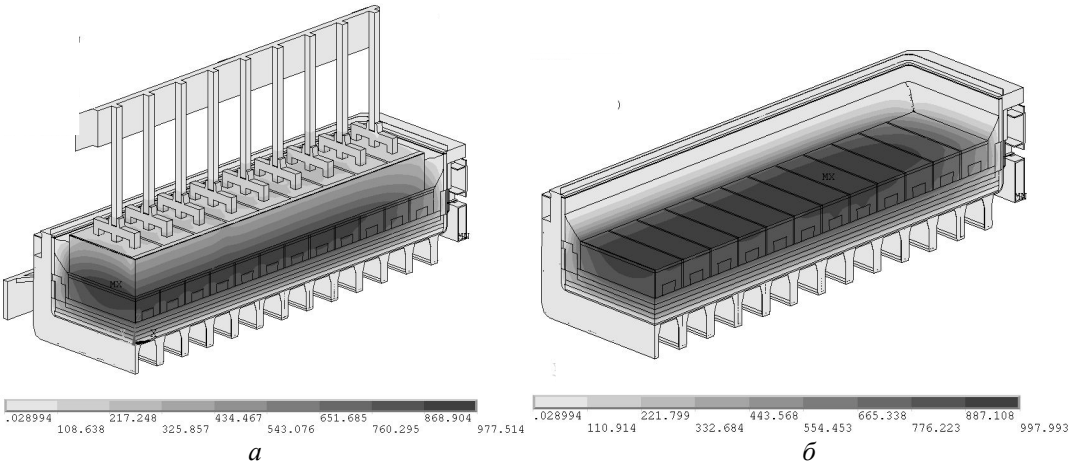


Рис. 3. Температурное поле в конце обжига: *а* – весь электролизер; *б* – катодное устройство

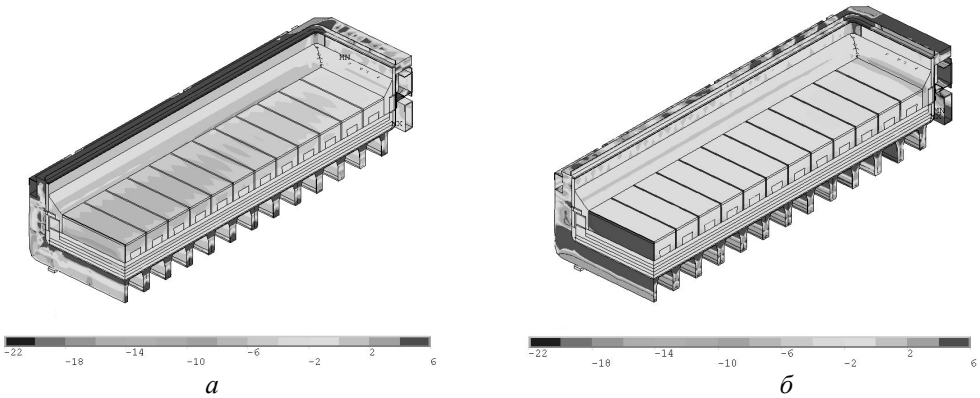


Рис. 4. Нормальные напряжения, МПа, в подине после 72 ч обжига: *а* – продольное направление; б – поперечное направление

После нахождения температурного поля в определенные моменты времени обжига (24, 48 и 72 ч) полученное тепловое поле передавалось в математическую модель для расчета напряженно-деформированного состояния катодного устройства и решения задачи термоупругопластичности.

Для расчета НДС было взято только катодное устройство. Размерность модели составила 80 000 узлов и 65 000 элементов. Тип элемента менялся на SOLID-185. Для расчета НДС задавались следующие свойства материалов: модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность и коэффициент термического линейного расширения. Для стали необходимо учитывать нелинейное поведение материала, в связи с чем задавались предел текучести и модуль упрочнения.

Были поставлены следующие граничные условия: создавался дополнительный слой элементов в том месте, где катодное устройство опиралось на подкатодную раму, на эти элементы устанавливалось нулевое перемещение по вертикали, а на поверхности которая граничит с низом катодного устройства, и на самом катодном устройстве создавались контактные элементы, в результате чего это устройство могло свободно подниматься вверх, но не могло опускаться ниже подкатодной рамы. Кроме того, были заданы условия симметрии в плоскости симметрии; ускорение свободного падения для учета силы тяжести: температуры в узлах, полученные по данным термоэлектрического анализа.

По результатам расчета напряженно-деформированного состояния (рис. 5) определялись возможности разрушения катодного устройства, нарушения целостности подины и многие другие параметры. Под целостностью катода в данной статье понимается следующее:

– соблюдается целостность подины: она хорошо обжата со всех сторон и нет раскрытия межблочных и периферийных швов;

– нет разрушений футеровки (оценивается по критерию Мора);

– катодный кожух сохраняет свою целостность, нет трещин и разрушений в катодном кожухе (оценивается по критерию фон Мизеса).

Разработанная авторами методика позволяет делать расчеты различных режимов обжига на коксе любых типов электролизеров, оценивать температурные поля и целостность подины электролизера для выбора оптимального режима обжига. С помощью данной методики проведены расчеты для выбора технических решений по минимизации температурных градиентов и термических напряжений в крайних подовых блоках.

Предложенное техническое решение внедрено на Саянском алюминиевом заводе, поданы 2 заявки на патент.

Данная методика, применяемая к одному типу электролизера, позволила провести серию расчетов как для различных технологических параметров обжига, так и для различных конструктивных решений с точки зрения оценки их влияния на качество обжига.

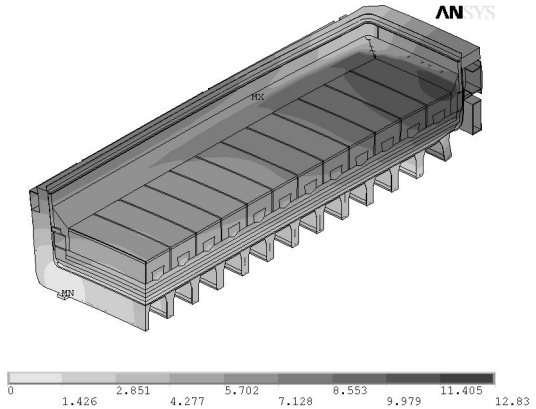


Рис. 5. Деформированное состояние, мм

Расчет тепловых полей при пламенном обжиге с учетом тепломассопереноса и горения топлива. Пламенный обжиг электролизеров относится к обжигу внешними источниками тепла. Нагрев электролизера происходит за счет сжигания жидкого топлива или природного газа несколькими форсунками, установленными в пространстве между анодом и подиной. Пространство между анодом и боковой футеровкой сверху укрыто стальными листами и засыпано слоем криолита. Отвод газов осуществляется через несколько отверстий сверху. Обжиг ведется в течение 48…72 ч зависимости от типа электролизера.

В начале для решения задачи пламенного обжига была разработана методика расчета температурного поля с использованием эффективных коэффициентов теплопроводности [2], которая позволяла получить нужное температурное поле и провести оценку целостности подины по методике, описанной выше.

По этой методике проводилась серия расчетов для трех типов электролизеров, и было рассчитано три варианта пламенного обжига, отличающихся степенью обжига периферийных швов. По полученным температурным полям определялось напряженно-деформированное состояние катодного устройства, при этом было выяснено, что наименьшие растягивающие напряжения возникают в случае укрытия продольных периферийных швов и их наименьшем обжиге. Рекомендации, полученные по результатам этого расчета, были реализованы на Братском алюминиевом заводе.

Однако такая технология расчета имеет ряд существенных недостатков. Она не позволяет оценить схему расстановки горелок, определить параметры обжига новых электролизеров, для которых еще нет замеров, и др. Для преодоления этих недостатков и повышения точности решения была разработана методика расчета пламенного обжига с решением задачи тепломассопереноса и горения топлива, которая позволяет получить следующие результаты:

– температурное поле электролизера и газовоздушной среды в любой момент времени и другие тепловые характеристики;

– скорость движения газовоздушной среды и другие газодинамические характеристики.

Для решения задачи пламенного обжига использовался CFD-пакет «Star-CD-3.22», основанный на методе контрольного объема [3].

Решение полной нестационарной задачи, отражающий весь комплекс физико-химических процессов при пламенном обжиге электролизера, требует очень больших вычислительных затрат. На каждом шаге по времени должна быть обеспечена заданная точность решения, что требует выполнения достаточного количества внутренних итераций по каждому процессу. Кроме того размер временного шага не может превышать минимального характерного времени изменений в системе.

Решение этой задачи методом прямого счета, т. е. совместное решение сопряженной задачи, состоящей из нестационарной задачи теплопереноса в газовоздушной среде и нестационарной задачи теплопроводности в твердом теле, показало, что для устойчивого счета размер временной шага не должен превышать 0,1 с иначе газодинамическая задача становится неустойчивой и решение не может быть получено. Каждый временной шаг даже на компьютере класса Pentium IV, занимает порядка нескольких минут, следовательно расчет всего процесса обжига, который длится десятки часов, займет несколько лет. Поэтому метод прямого счета не подходит для промышленных расчетов на имеющейся в настоящее время вычислительной технике.

Из-за значительной разницы во времени и протекания процессов в газовой фазе и твердом теле можно считать поле скоростей газовоздушной среды постоянным в определенный промежуток времени, т. е. квазистационарным, что позволяет замораживать поле скоростей и решать только тепловую задачу.

Идея метода замораживания заключается в следующем: после решения полной сопряженной задачи для небольшого промежутка времени (10 с) с очень мелким шагом по времени (0,001…0,100 с), когда совместно решаются не-

стационарная задача теплопереноса в газовоздушной среде и нестационарная задача теплопроводности в твердом теле, решение уравнений для гидродинамических характеристик (скорости, давления, вязкости) отключается. Таким образом, поле скоростей замораживается, т. е. скорости фиксируются во времени, что позволяет для этого поля скоростей решать сопряженную нестационарную задачу теплопереноса в газовоздушной среде и теплопроводности в твердом теле с большим шагом по времени (10 мин).

Но поле температур все-таки имеет влияние на поле скоростей, поэтому через определенный промежуток времени (4…12 ч) решение всех уравнений гидродинамики снова включается на небольшой промежуток времени (5 с) с маленьким шагом (0,1 с). После того как поле скоростей перестроилось и перестало заметно меняться, решение уравнений гидродинамики отключается и решается только задача теплопереноса с большим временным шагом (рис. 6).

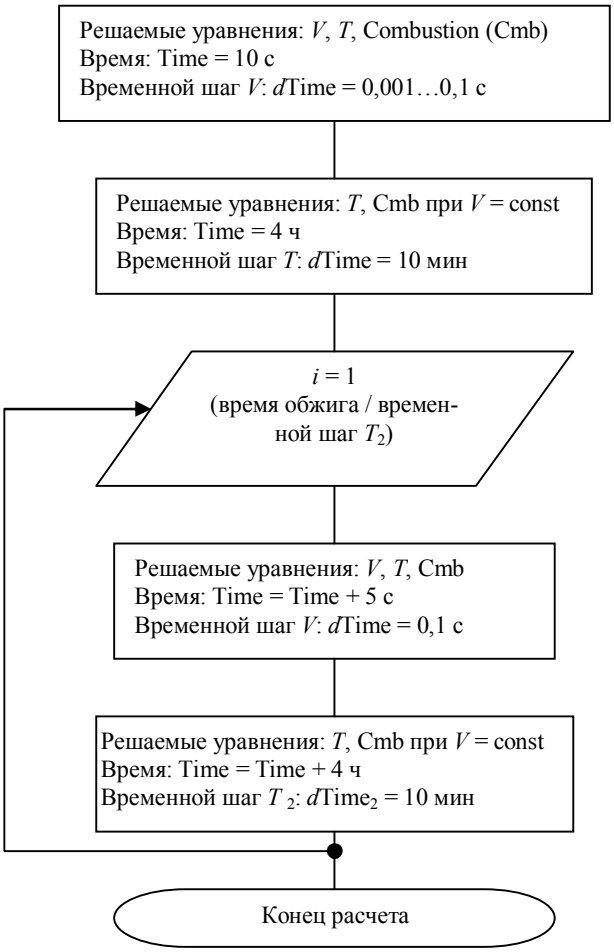


Рис. 6. Блок-схема методики расчета тепловых полей при пламенном обжиге с учетом тепломассопереноса и горения топлива с замораживанием поля скоростей: V – решение всех уравнений, связанных с гидродинамикой (скорости, давления, плотности, вязкости); T – решение уравнений только для температуры; Combustion (Cmb) – решение уравнений горения топлива

Этот процесс перезапусков был автоматизирован с помощью написания специального скрипта на внутреннем языке программирования Star-CD. При такой постановке значительно сокращается время счета, поскольку решается в основном нестационарная задача теплопроводности, не требующая столь больших вычислительных ресурсов и не имеющая таких жестких ограничений на временной шаг, как газодинамическая задача, а полная нестационарная задача с газодинамической частью решается только для небольших отрезков времени.

По чертежам и технологическому регламенту строилась сеточная модель целого электролизера, которая включала анодное устройство, катодное устройство, газовоздушную среду, укрытия и засыпку из вторичного криолита. На границах между жидкими – твердыми ячейками строился пограничный слой с достаточно мелким размером ячейки (около 1 мм), чтобы $y+$ был равен 100.

Конечно-элементная модель представляет собой структурированную шестигранную сетку (рис. 7). Количество жидких ячеек – 202 000, твердых ячеек – 303 000.

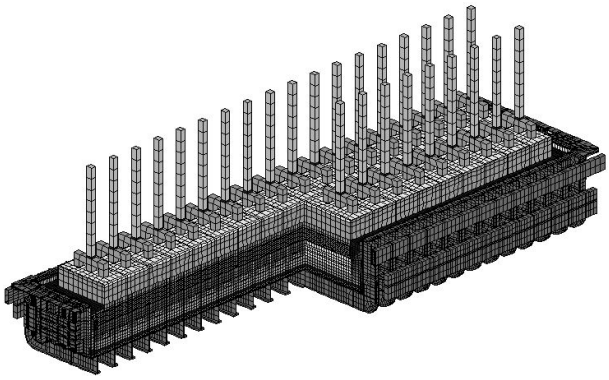


Рис. 7. Конечно-элементная модель электролизера (представлена s модели)

На внешних границах электролизера задавались тепловое сопротивление, включающая коэффициент конвективной теплоотдачи и потери тепла излучением и пересчитываемая в зависимости от температуры поверхности на каждой итерации, и температуре окружающей среды.

Турбулентность была представлена в виде k – е-модели.

В местах установки горелок ставилось входное граничное условие Inlet на поверхность, площадь которой равна площади выходного сопла горелки. На этих границах согласно требуемому массовому расходу задавались компоненты скорости u, v, w, а также температура входящей газовой смеси. В местах выхода потока из укрытий на поверхности, площадь которых равна площади выходных отверстий, принималось условие равенства давления нулю.

На всех границах между жидкими и твердыми ячейками задавалась степень черноты и коэффициент отражения, соответствующие материалу, – для расчета теплообмена излучением внутри газовой области и переизлучения твердых поверхностей. Газовоздушная среда также участвовала в теплообмене излучением с коэффициентом поглощения 0,05 $м^{-1}$. Тепловое излучение моделировалось методом дискретных ординат.

Для твердых материалов задавались теплофизические свойства: плотность, удельная теплоемкость и теплопроводность в зависимости от температуры; для компонентов газовоздушной среды – температурные зависимости молекулярных свойств: плотность, динамическая вязкость, удельная теплоемкость, теплопроводность, молекулярный вес; для дополнительных компонентов, участвующих в реакции, такие свойства, как теплота и температура образования.

Предполагалось, что процесс горения дизельного топлива осуществляется по следующей реакции:

$$C_7H_{16} + 11O_2 \rightarrow 7CO_2 + 8H_2O$$

Для расчета процесса горения была выбрана стандартная модель обрыва вихря. При наблюдениях за реальными горелками, используемыми при пламенном обжиге электролизеров, выяснилось, что процесс горения происходит в основном за пределами самой горелки, поэтому был выбран полностью смешанный тип реакции, когда компоненты реакции выходят из горелки одним смешанным потоком. На входных граничных условиях Inlet задавалась массовая концентрация входящих скаляров N_2, O_2, C_7H_{16}, с учетом соотношения подачи топлива и воздуха: их стехиометричекого количества, избытка или недостатка воздуха.

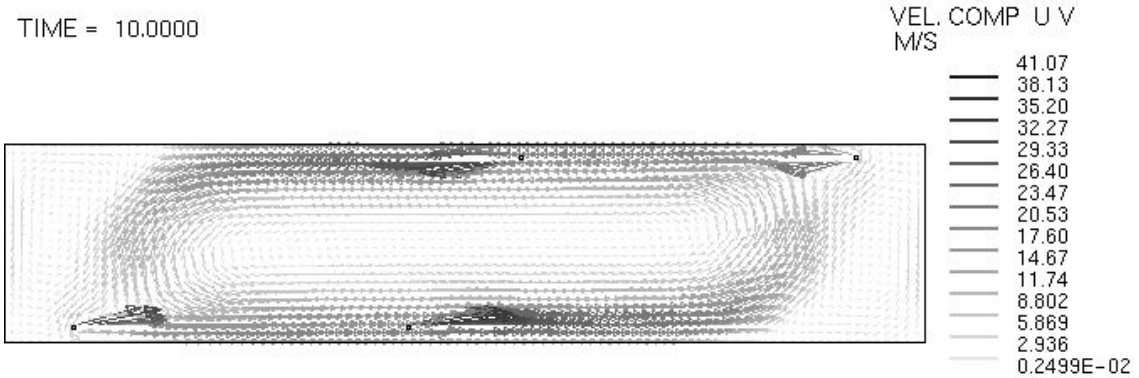
После установки всех параметров проводился нестационарный тепловой расчет (рис. 8).

При реальном обжиге установка может сама регулировать расход топлива и воздуха для поддержания заданного графика нагрева подины, ориентируясь на показания нескольких термопар, измеряющих температуру поверхности подины. Расход также может регулироваться вручную, на основе показаний термопар.

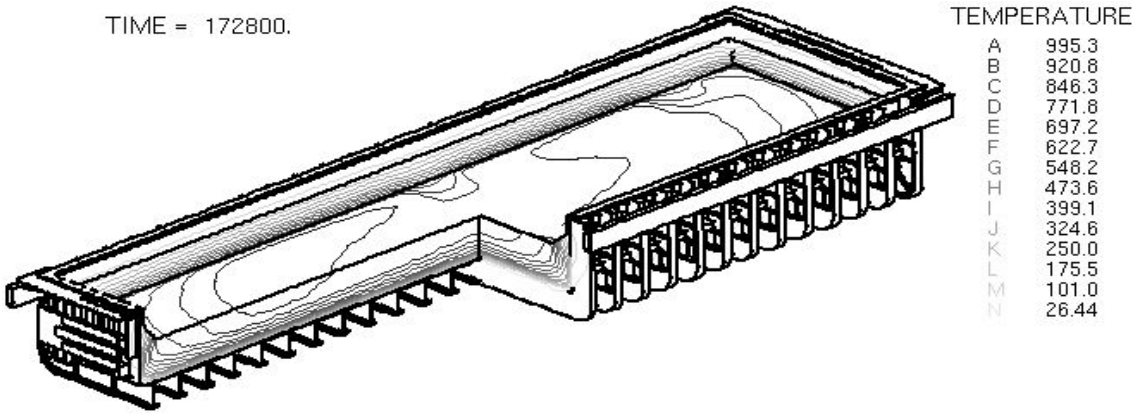
Для того чтобы выдержать заданный график нагрева, в определенные моменты времени при расчете изменялась скорость входящего потока, исходя из рассчитанных температур поверхности подины в точках совпадающих с местом установки термопар.

После решения тепловой задачи обжига полученное температурное поле было передано в конечно-элементный пакет ANSYS для расчета напряженно-деформированного состояния.

Разработанная авторами методика расчета пламенного обжига различных типов электролизеров может быть использована для выбора оптимальных параметров обжига.



а



б

Рис. 8. Результаты расчета тепловых полей: *а* – поле скоростей, м/с, газовоздушной среды в начале обжига; *б* – температурное поле, с, катедного устройства в конце обжига

Данная методика позволяет оценить влияние на температурное поле и напряженно-деформированное состояние следующих параметров:

– количества горелок;

– расстановки горелок;

– времени обжига;

– конструкции электролизера;

– расхода топлива и соотношения воздуха – топлива;

– технологии обжига (засыпать или нет периферийную часть, нужно ли укрывать аноды и т. д.).

Подводя итог вышесказанному, сформулируем следующие выводы:

– разработана методика и проведены расчеты температурных, электрических полей и напряженно-деформированного состояния при обжиге на коксе алюминиевого электролизера. Сравнительный анализ рассчитанных и измеренных температур подины показывает их удовлетворительное совпадение;

– проведена серия расчетов различных конструктивных и технологических параметров на одном типе электролизера, оценено их влияние на целостность подины при обжиге;

– по данной методике были рассчитаны параметры электрического обжига для нескольких типов электролизеров на Саяногорском алюминиевом заводе, чтобы улучшить целостность подины при обжиге. По результатам расчета были внесены изменения в технологический регламент;

– разработана методика расчета температурных полей при пламенном обжиге с использованием эффективных коэффициентов теплопроводности и проведены расчеты температурного поля и напряженно-деформированного состояния электролизеров контрфорсного и шпангоутного типа для трех вариантов пламенного обжига с различной степенью обжига периферийных швов. Сделан вывод о том, что наименьшие растягивающие напряжения возникают в случае укрытия продольных периферийных швов и их наименьшем обжиге;

– разработана методика расчета пламенного обжига с учетом динамики газовоздушной среды и горения топлива и проведен расчет температурных полей при обжиге нескольких типов электролизеров. В настоящее время проводятся расчеты для оценки влияния различных параметров пламенного обжига на целостность подины.

Библиографический список

1. Сорлье, М. Катоды в алюминиевом электролизере / М. Сорлье, Х. А. Ойя ; пер. с англ. П. В. Полякова ; Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 1997. 460 с.

2. Архипов, А. Г. Расчет алюминиевых электролизеров при обжиге, пуске и послепусковом периоде / А. Г. Архипов, П. В. Поляков // Алюминий Сибири–2004 : сб. ст. Красноярск, 2004. С. 149–155.

3. Разработка модели пламенного обжига с учетом газодинамики газовоздушной среды и горения топлива / А. Г. Архипов, П. В. Поляков, А. А. Дектерев, К. Ю. Литвинцев // Алюминий Сибири–2005 : сб. ст. Красноярск, 2005. С. 9–14.

A. G. Arkhipov, P. V. Polyakov

ALUMINUM REDUCTION CELL PREHEAT STUDYING USING MATHEMATICAL MODELING

Preheat and start-up stage is the one of the most important factors impacts on aluminum reduction cell life. In the whole aluminum industry isn't common opinion about the best way of the cell preheating and start-up yet. This article about two the most popular kinds of cell preheat studying using mathematical modeling for calculation of thermal, electrical fields and stress-strained state with help of finite-element code ANSYS and CFD code Star-CD.

УДК 004.434

А. В. Барков

СТРУКТУРА ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЯЗЫКА ИСПЫТАНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрены требования к проблемно-ориентированному языку испытаний космических аппаратов. Разработана структура языка, соответствующая предъявляемым требованиям. Описаны возможности этого языка.

В настоящее время для проведения комплексных электрических испытаний космических аппаратов используется автоматизированный испытательный комплекс. Целью этих испытаний является контроль функционирования как изделия в целом, так и его отдельных систем. Идеология их проведения заключается в выдаче управляющих воздействий на объект контроля и анализе параметров функционирования характеризующих состояние и поведение отдельных систем и космического аппарата в целом.

Состояние космического аппарата может характеризоваться тысячами параметров. Управление изделием также включает тысячи команд. Динамика переходных процессов различных систем космического аппарата колеблется от долей секунд до суток, а в некоторых случаях скорость принятия решений по управлению изделием должна быть мгновенной. Таким образом, проблема автоматизации задач контроля и управления при проведении комплексных электрических испытаний является весьма актуальной.

Для автоматизированного проведения испытаний проектанты систем и компонентов космического аппарата разрабатывают алгоритмы (циклограммы) работы на специальном прикладном языке Диполь-5К [1] с помощью редактора циклограмм. В ходе проведении испытаний эти алгоритмы исполняются интерпретатором языка.

Однако все возрастающая сложность систем и компонентов новых изделий, логики их функционирования предъявляют новые требования к средствам автоматизации испытаний. Поэтому в ходе модернизации существующего аппаратно-программного комплекса одной из задач являлась разработка нового проблемно-ориентированного языка испытаний, получившего название Диполь-6.

Для решения этой задачи необходимо определить требования к языку испытаний и разработать его структуру, а также множество базовых понятий этого языка.

Требования к языку. Формирование языка испытаний основано на анализе проблемной области и принципах структурного программирования. С учетом этого выделим требованиями к языку.

Во-первых, это необходимость проблемной ориентации языка как в его синтаксисе, так и в структуре. Очень важным является требование максимальной простоты разработки и анализа циклограмм, так как их созданием занимаются не программисты, а специалисты по конкретным системам, компонентам и блокам космического аппарата. Иными словами, необходимо использовать простую русскоязычную техническую лексику, близкую к терминологии, принятой в данной области. Обеспечение проблемной ориентации языка также служат формализованные языковые средства контроля и управления КА и его системами. Следует использовать конструкции, которые учитывают специфику объекта контроля.

Во-вторых, в составе языка необходимо ввести операции и конструкции, характерные для структурных языков высокого уровня. Как известно, любую структурную программу можно написать, используя только три структуры: следования, ветвления и повторения. Обычно структура следования считается встроенной в язык, и это означает, что все операции языка исполняются последовательно, одна за другой. Имея в своем составе конструкции ветвления и цикла, прикладной язык позволит испытателям разрабатывать сложные алгоритмы испытаний. Это также повышает степень автоматизации работы.

В-третьих, существует еще одна особенность разрабатываемого прикладного языка. Анализ проблемной области и предыдущих разработок показывает, что необходимо разработать по единой технологии универсальный язык испытаний, позволяющий проводить работы на различных аппаратно-программных комплексах. Фактически это требование говорит о необходимости разработки универсального языка определенного уровня абстракции. Кроме того, это требование подразумевает наличие определенного механизма для изменения функциональности языка в случае необходимости.

В-четвертых, очень важным требованием является преемственность с используемым в настоящее время прикладным языком, за счет чего достигается максимальное использование существующего задела и во многом упрощается восприятие нового языка пользователями. Это означает, что идентификаторы и назначение основных операций нового языка должны остаться такими же, как и существующие в уже используемом языке.

Таким образом, необходимо разработать язык испытаний, отвечающий представленным выше требованиям.

Синтаксис языка. В теории языков известны следующие определения, относящиеся к математическому описанию синтаксиса языков [2].

Алфавит языка – это конечное множество символов.

Предложение (*строка, слово, лексема*) есть любая цепочка конечной длины, составленная из

символов алфавита. Таким образом, *язык* есть любое множество предложений над некоторым алфавитом.

Алфавит языка испытаний будет содержать прописные и строчные буквы русского и латинского алфавитов, цифры, специальные символы, используемые в качестве ограничителей и разделителей, а также ключевые слова – имена операций.

Далее в классической теории программирования [3] для построения синтаксического и семантического трансляторов определяется грамматика языка. Однако метод построения системы «редактор – интерпретатор циклограмм», метод построения структурного редактора и метод построения интерпретатора циклограмм позволяют исключить задачу анализа синтаксиса и, соответственно, проблемы синтеза и разработки анализатора, рассмотрение которых выходит за рамки данной статьи. Поэтому мы можем сразу перейти к разработке структуры языка [4].

Структура языка. Начнем с разработки иерархии конструкций языка (рис. 1).

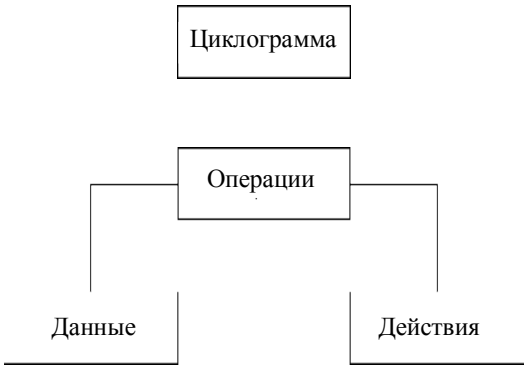


Рис. 1. Иерархия конструкций языка

Верхний уровень образует сама циклограмма, которая является основной единицей выполнения. Ниже следуют операции языка – единицы интерпретации. Операции строятся из данных и действий. Под действиями мы понимаем действия как по обработке данных, так и действия по организации выполнения. Таким образом, операции и циклограммы являются основой построения программ на языке испытаний.

Для записи конструкций, лежащих на нижнем уровне иерархии (см. рис. 1) будем использовать цепочки литер из алфавита языка, называемые лексемами. Выделим следующие группы лексем:

– *идентификаторы* – лексемы, состоящие из букв и цифр. Введено ограничение на длину идентификатора управляющих воздействий и телеметрических параметров, связанных с объектом контроля, – 16 символов. Запрещено использовать ключевые слова и специальные символы #, &, ^;

– *ключевые слова*. В данном случае это лексемы из множества идентификаторов операций языка испытаний.

В качестве базовых будем использовать следующие типы данных:

– *целый тип* – некоторый отрезок всех целых чисел;

– *вещественный тип* – конечное подмножество внутри определенного диапазона вещественных чисел;

– *литерный тип* – конечное множество символов.

Заметим, что на основе базовых типов данных возможно создание производных типов, соответствующих проблемной области. Например, тип *сигнальный параметр функционирования* основан на целом типе и использует отрезок [0, 1].

Введем понятие *окружение языка*. В качестве окружения языка испытаний будет выступать система дежурного контроля. Эта система используется для контроля состояния объекта контроля, его подсистем и компонентов по ключевым параметрам. Дежурный контроль проверяет нахождение значений требуемых параметров в указанных допусках и в случае выхода значения какого-либо параметра из допуска выполняет предусмотренную реакцию. В качестве реакции может быть запуск аварийной циклограммы, сообщение оператору, останов или завершение выполнения либо другое действие.

Для описания сложных семантических конструкций языка воспользуемся *понятиями*. Под ними будем понимать элементы языка, каждому вхождению которых в программу правила языка однозначно сопоставляют их синтаксические значения. При этом одному и тому же понятию может соответствовать целое множество значений вхождений, и для любых двух вхождений понятий их значения не имеют общих цепочек лексической свертки или одно значение входит полностью в другое [4].

В качестве понятий выделим следующие:

– операция языка испытаний;
– телеметрический параметр объекта контроля;
– команда управления объектом контроля;
– переменные;
– допуск (на параметр);
– реакция (на параметр);
– алгоритм дежурного контроля

Правила языка задают для каждого понятия набор характеристик, называемых *атрибутами*. Атрибуты отражают общность и различие семантических объектов. Для каждого понятия были разработаны присущие также им атрибуты.

Разработаем модульную структуру области действия. Она характеризуется тем, что четко разграничивает области действия по модулям построения структуры испытаний. Эти ограничения вместе с программными единицами образуют иерархическую структуру (рис. 2). Программными единицами будут являться циклограмма, заявка, процесс управления.

Процесс управления – отдельный логический процесс, организующий интерпретацию циклограмм в соответствии с их приоритетом.

Заявка – отдельная циклограмма являющаяся головной для запущенных из нее циклограмм, или стек циклограмм времени выполнения.

Циклограмма – отдельная циклограмма, основная единица выполнения.

Рис. 2. Иерархическая структура программных единиц

В языке четко выделены несколько областей действия: глобальная, процессная и локальная. Эти области применяются для разграничения действий переменных (рис. 3).

Рис. 3. Области действия переменных

Глобальная область соответствует всему контексту выполнения всех циклограмм, т. е. объекты, определенные в глобальной области, доступны из всех циклограмм. *Процессная область*, соответствует контексту выполнения отдельного процесса управления, т. е. объекты, определенные в процессной области доступны из всех циклограмм, выполняемых в этом процессе управления. И, наконец, *локальная область* соответствует контексту выполнения отдельной циклограммы.

Для поддержания иерархической макроструктуры языка разработан *механизм подпрограмм*. Этот механизм является многоуровневым. Он имеет отличие в организации взаимодействия на следующих уровнях: между процессами управления; между процессом управления и заявками; между заявками и их дочерними циклограммами.

Разработаем верхний уровень взаимодействия – уровень взаимодействия между процессами управления (рис. 4). Работа процессов управления организованна псевдопараллельно, т. е. после завершения отдельного шага выполнения в первом процессе управление передается второму, чтобы в нем исполнился следующий шаг. После завершения этого шага управление передается в первый процесс для исполнения следующего шага и т. д. Таким образом достигается псевдопараллельная работа процессов управления.

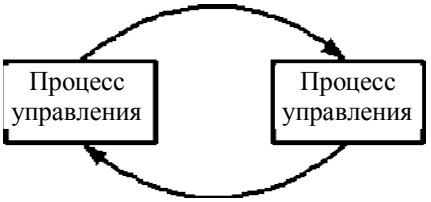


Рис. 4. Взаимодействие процессов управления

Разработаем средний уровень взаимодействия – между процессом управления и заявками. В процессе управления для организации выполнения циклограмм используется система приоритетов. Приоритет задается каждой заявке при начале ее выполнения, и затем он может быть изменен программно или испытателем. При возникновении заявки с бо́льшим приоритетом выполнение циклограммы с меньшим приоритетом приостанавливается. Заявки с меньшим приоритетом образуют очередь выполнения (рис. 5).

Рис. 5. Взаимодействие заявок

В заключение разработаем нижний уровень взаимодействия – на уровне заявок и циклограмм. Для организации вызова дочерних циклограмм из заявки используется принцип стека (первым пришел, последним ушел), т. е. при вызове дочерней циклограммы образуется стек, в основании которого лежит головная циклограмма (заявка). Управление передается дочерней циклограмме (на первую операцию), и пока она не завершит работу родительская циклограмма исполняться не будет. Возврат управления из дочерней циклограммы в родительскую осуществляется на операции, следующей за операцией вызова дочерней (рис. 6).

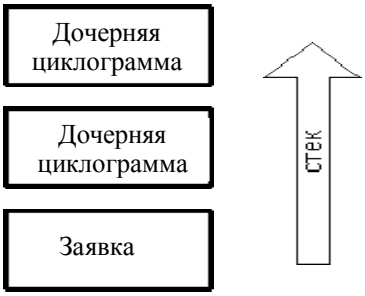


Рис. 6. Взаимодействие заявки с дочерними циклограммами

В языке имеется возможность передачи параметров в циклограмму. Параметры циклограмм указываются при проектировании и при выполнении инициализируются автоматически или испытателем. Правила передачи параметров разрабо-

таны в соответствии с понятиями и типами данных. В качестве параметров могут быть телеметрические параметры, команды управления, значения вещественного или символьного типов и др.

Для поддержания структурности разрабатываемых циклограмм и расширения прикладного языка до уровня структурных языков в языке предусмотрены конструкции с единственным и множественным выбором. Так же поддерживается конструкция повторения.

Базовые множества. На основе созданной структуры языка необходимо разработать множества базовых понятий, которые послужат основой формируемого языка.

В соответствии с разработанными понятиями в базовое множество понятий языка необходимо включить базовое множество операций языка B^0, базовое множество переменных B^S, базовое множество реакций B^R и базовое множество алгоритмов дежурного контроля B^A. Следует заметить, что во множество базовых понятий не включены множества, образуемые понятиями, связанными и зависимыми от объекта контроля. Это позволяет разработать действительно универсальное ядро языка испытаний, независимое от параметров и воздействий, присущих конкретным объектам контроля.

Таким образом, базовое множество понятий языка представляет собой совокупность множеств:

$$B = B^O \cup B^S \cup B^R \cup B^A .$$

Рассмотрим, например, базовое множество операций языка. Как уже отмечалось, данное множество должно содержать операции, выполняющие базовые функции языка, т. е. выдачу команд и контроль параметров. Кроме того, в базовый набор операций необходимо включить операции, организующие общий ход выполнения, и структурные операции. Аналогичным образом разработаны базовые множества остальных понятий языка.

Итак, мы получили основу языка испытаний – множества базовых понятий, благодаря чему получена возможность построения специализированных языков испытаний, предназначенных для конкретных аппаратно-программных комплексов, за счет расширения множеств функциональных операций языка, алгоритмов дежурного контроля и системных переменных в рамках разработанной структуры языка.

Таким образом, представленные выше требования позволяют создать прикладной язык испытаний космических аппаратов с глубоким интегрированием в проблемную область и средствами структурного программирования, а использование существующего задела обеспечивает легкость перехода пользователей со старого на новый прикладной язык.

Разработанная структура наделяет язык следующими возможностями. Максимальная проблемная ориентация языка как в области синтаксиса, так и в области структуры делает написание циклограмм испытаний максимально простым. Пользователи оперируют терминами проблемной области и применяют обычные структурные конструкции для описания сложных алгоритмов испытаний. Кроме того, язык позволяет использовать для разработки циклограмм простые средства визуального представления (структурный редактор с древовидным представлением содержимого [5]). Выделим следующие основные возможности языка:

– анализ штатной и технологической телеметрической информации;

– выдача штатных и технологических команд и закладка массивов;

– чтение дампов памяти из бортовой цифровой вычислительной машины;

– управление ходом функционирования системы испытаний;

– выдача сообщений и директив испытателю;

– управление интерпретатором языка испытаний.

В настоящее время данный язык испытаний применяется в Научно-производственном объединении прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева на ряде аппаратно-программных комплексах. А за счет расширения множества базовых понятий он может использоваться и на других рабочих местах, для различных объектов контроля.

Библиографический список

1. Описание ПРИС. Программное обеспечение УИК. Комплекс проведения испытаний : руководство оператора / Науч.-произв. об-ние прикл. механики. Железногорск, 1993. 104 с.

2. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты / А. Ахо, Р. Сети, Дж. Ульман. М. : Вильямс, 2001. 768 с.

3. Пратт, Т. Языки программирования: разработка и реализация : пер. с англ. / Т. Пратт, М. Зелковиц. 4-е изд. СПб. : Питер, 2002. 688 с.

4. Касьянов, В. Н. Методы построения трансляторов / В. Н. Касьянов, И. В. Поттосин. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние. 1986. 347 с.

5. Барков, А. В. Структурный редактор прикладного языка / А. В. Барков // Решетневские чтения : материалы IX Междунар. науч. конф. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. С. 291.

A. V. Barkov

STRUCTURE OF THE PROBLEM-ORIENTED LANGUAGE OF SPACECRAFTS TESTS

Requirements to the problem-oriented language of spacecrafts tests are considered. The language structure, which answer the requirements, is worked out. It is described the opportunities of language.

УДК 517.958

В. М. Белолипецкий, Т. В. Пискажова, М. В. Емельяшин

ТЕПЛОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЕЙ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ

Представлена тепловая динамическая модель алюминиевого электролизера, разработанная для управления технологическим процессом в режиме реального времени. Модель построена на основе схематизации электролизера по характерным областям и использования нульмерных подмоделей.

Алюминиевый электролизер для производства алюминия – это прежде всего тепловой агрегат, 50 % мощности которого теряется в окружающую среду. Поэтому для управляющих систем очень важно поддерживать на электролизере такой тепловой режим, который обеспечивал бы условия эффективной работы, постоянство оптимальной толщины застывшего электролита на стенках ванны для предохранения бортовых блоков от разрушения агрессивным расплавом, а также по возможности снижать потери энергии в окружающую среду. Поэтому в математической модели, включенной в систему управления, очень важно достоверно имитировать теплообмен электролизера с окружающей средой, изменение температур жидких и твердых слоев, плавление и образование настыли (изменение формы рабочего пространства). При этом, поскольку управляющее решение принимается в режиме реального времени, расчеты должны быть очень быстрыми, мгновенными.

Некоторые блоки тепловой модели представлены в [1; 2].

Здесь рассматривается комплекс математических моделей теплообмена всех блоков алюминиевого электролизера.

Электролизер для производства алюминия представляет собой футерованную угольными материалами ванну, содержащую два жидких высокотемпературных слоя – электролит и металл. Металл в электрохимическом процессе играет роль катода. Сверху в расплавленный электролит погружен угольный анод. В работе будем рассматривать электролизер Содерберга с самообжигающимся анодом (рис. 1). В каждой выделенной области тепловой режим рассчитывается по соответствующим *подмоделям,* с учетом теплообмена со смежными областями. Уравнения теплового баланса (нульмерные модели) составляются для глинозема, корки, электролита, металла, катода, дна и боковой стенки с настылью, имеющими средние температуры.

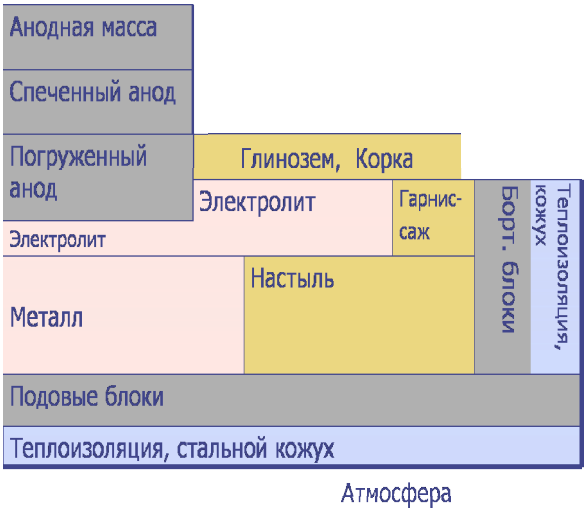


Рис. 1. Схема для тепловых расчетов

Нульмерная модель для оценки динамики температуры в заданном объеме среды. Рассмотрим вывод математической модели для исследования динамики средней температуры выделенного объема среды. Пусть Ω – заданный объем, Γ – его граница. Температура среды определяется по уравнению теплопроводности:

$$c\rho\left[\frac{\partial T}{\partial t}+div(T\cdot\overline{V})\right]=div(\lambda\nabla T)+f, \qquad (1)$$

здесь T – температура, c – удельная теплоемкость, ρ – плотность, λ – коэффициент теплопроводности, $\overline{V}$ – вектор скорости движения среды, f – внутренние источники тепла.

Граничные условия на границе Γ составляют

$$\lambda\frac{\partial T}{\partial n}=Q_\Gamma, \qquad \overline{V}=0.$$

Проинтегрируем уравнение (1) по объему Ω:

$$\begin{aligned} c\rho\int_\Omega\frac{\partial T}{\partial t}d\Omega+c\rho\int_\Omega div(T\overline{V})d\Omega &= \\ =\int_\Omega div(\lambda\nabla T)d\Omega+\int_\Omega f\,d\Omega & \end{aligned}. \qquad (2)$$

Введем средние значения температуры и источника в рассматриваемом объеме:

$$\widehat{T}=\frac{1}{\Omega}\int_\Omega T d\Omega,\ \frac{d\widehat{T}}{dt}=\frac{1}{\Omega}\int_\Omega\frac{\partial T}{\partial t}d\Omega,\ \widehat{f}=\frac{1}{\Omega}\int_\Omega f d\Omega.$$

Учитывая формулу Гаусса-Остроградского:

$$\int_{\Omega} div(\overline{A})d\Omega = \int_{\Gamma} \overline{A} \cdot \overline{n}\, d\Gamma ,$$

из (2) получаем

$$\text{сс}\ \Omega \frac{d\widehat{T}}{dt} + \text{сс} \int_{\Gamma} TV_n d\Gamma = \int_{\Gamma} (\lambda \frac{\partial T}{\partial n}) d\Gamma + \Omega \widehat{f} . \quad (3)$$

Так как $V_n\big|_{\Gamma} = 0$, $\lambda \frac{\partial T}{\partial n}\big|_{\Gamma} = Q_{\Gamma}$, то из (3) следует

$$c\mathrm{M} \frac{d\widehat{T}}{dt} = \int_{\Gamma} Q_{\Gamma} d\Gamma + \Omega \widehat{f} , \quad (4)$$

где $\mathrm{M} = \rho\ \Omega$ – масса среды в объеме Ω.

Следовательно, средняя температура явно не зависит от скоростей течения среды, однако от характеристик течений и неравномерности распределения температуры, зависят потоки через границу Q_{Γ}.

При использовании модели (4) эффекты конвективного переноса турбулентного обмена можно учитывать с помощью эффективного коэффициента теплопроводности. Этот коэффициент оценивается на основе использования натурных данных для исследуемого объекта.

Способ оценки теплообмена между смежными слоями. Рассмотрим две произвольные смежные области «*i*» и «*j*». Оценим теплообмен между данными областями с использованием одномерных стационарных приближений:

$$T_i = a_i + b_i z, \quad T_j = a_j + b_j z ,$$

где z – координата, направленная поперек слоя; T_i, T_j – температуры соответствующих слоев. Отсюда для средних температур в рассматриваемых слоях получаем соотношения:

$$\widehat{T}_i = a_i + 0{,}5 b_i \Delta z_i ; \widehat{T}_j = a_j + 0{,}5 b_j \Delta z_j , \quad (5)$$

где Δz_i, Δz_j – толщины соответствующих слоев.

На границе раздела слоев выполняются условия непрерывности температуры и потоков тепла:

$$a_i + b_i \Delta z_i = a_j ; \quad \lambda_i b_i = \lambda_j b_j . \quad (6)$$

Теплообмен между слоями рассчитывают по формуле

$$Q_{i-j} = S_{i-j} \lambda_i b_i , \quad (7)$$

где S_{i-j} – площадь границы раздела слоев.

Определим теплообмен между рассматриваемыми слоями по средним температурам

$$Q_{i-j} = S_{i-j} \kappa_{i-j} (\widehat{T}_j - \widehat{T}_i) , \quad (8)$$

здесь κ_{i-j} – коэффициент теплопередачи. Из соотношений (5)–(8) находим

$$\kappa_{i-j} = 2 \left(\frac{\Delta z_i}{\lambda_i} + \frac{\Delta z_j}{\lambda_j} \right)^{-1} . \quad (9)$$

Для известных средних температур в смежных слоях теплообмен между ними вычисляется по (8), (9).

Теплообмен в горизонтальных слоях расплавов и катода. Тепло, полученное от прохождения электрического тока, выделяется большей частью в электролите, здесь же оно и расходуется на основную реакцию. Теплообмен в областях глинозема, корки, электролита, металла, катода, дна описывается уравнениями относительно средних температур:

$$c_{\text{Э}} \mathrm{M}_{\text{Э}} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\text{Э}}}{dt} = Q_1 + Q_{\text{ан}} - Q_{\text{Э-Н}} - ; \\ - Q_{\text{Э-М}} - Q_{\Gamma} - Q_P - Q_{\text{Э-кор}}$$

$$c_{\text{М}} \mathrm{M}_{\text{М}} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\text{М}}}{dt} = Q_{\text{Э-М}} - Q_{\text{М-Н}} - Q_{\text{М-}\kappa} ;$$

$$c_{\Gamma} \mathrm{M}_{\Gamma} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\Gamma}}{dt} = Q_{\text{кор-}\Gamma} - Q_{\Gamma\text{-ат}} ; \quad (10)$$

$$c_{\text{кор}} \mathrm{M}_{\text{кор}} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\text{кор}}}{dt} = Q_{\text{Э-кор}} - Q_{\text{кор-}\Gamma} ;$$

$$c_{\kappa} \mathrm{M}_{\kappa} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\kappa}}{dt} = Q_{\text{М-}\kappa} - Q_{\kappa\text{-дн}} + Q_{q\kappa} ;$$

$$c_{\text{дн}} \mathrm{M}_{\text{дн}} \cdot \frac{d\widehat{T}_{\text{дн}}}{dt} = Q_{\kappa\text{-дн}} - Q_{\text{дн-ат}} ,$$

где $\widehat{T}_i$ – средние температуры соответствующих слоев; Q_1 – приход тепла от электроэнергии в электролите; $Q_{\text{ан}}$ – теплообмен с анодом; c_i – удельные теплоемкости соответствующих материалов; M_i – массы соответствующих областей; Q_{Γ} – потери тепла на нагрев и растворение глинозема; $Q_{\text{Р}}$ – расход тепла на основную реакцию; $Q_{q\kappa}$ – тепловой поток от внутреннего источника тепла в катоде. Потоки тепла через границы соответствующих слоев рассчитывают по формулам

$Q_{\text{Э-н}} = S_{\text{Э-н}} \cdot \alpha_{\text{Э-н}} (\widehat{T}_{\text{Э}} - T^{\text{Э}}_{\text{лик}})$ – тепловой поток из электролита в настыль;

$T^{\text{Э}}_{\text{лик}}$ – температура ликвидуса электролита;

$Q_{\text{Э-М}} = S_{\text{Э-М}} \cdot \kappa_{\text{Э-М}} (\widehat{T}_{\text{Э}} - \widehat{T}_{\text{М}})$ – тепловой поток из электролита в металл;

$Q_{\text{Э-кор}} = \lambda_{\text{Э}} b_{\text{Э}} S_{\text{Э-кор}}$ – тепловой поток из электролита в корку; ($\text{л}_{\text{Э}}$ – теплопроводность электролита);

$Q_{\text{кор}-\Gamma} = S_{\text{кор}-\Gamma} \cdot \kappa_{\text{кор}-\Gamma}(\text{Ѣ}_{\text{кор}} - \text{Ѣ}_{\Gamma})$ – тепловой поток от корки к глинозему;

$Q_{\text{М}-\kappa} = S_{\text{М}-\kappa} \cdot \kappa_{\text{М}-\kappa}(\text{Ѣ}_{\text{М}} - \text{Ѣ}_{\kappa})$ – тепловой поток из металла в катод;

$Q_{\text{М}-\text{н}} = S_{\text{М}-\text{н}} \cdot \alpha_{\text{М}-\text{н}}(\text{Ѣ}_{\text{М}} - T^{\text{М}}_{\text{лик}})$ – тепловой поток из металла в настыль ($T^{\text{М}}_{\text{лик}}$ – температура ликвидуса в слое металла);

$Q_{\Gamma-\text{ат}} = S_{\Gamma-\text{ат}} \cdot \alpha_{\Gamma-\text{ат}}(T_{\Gamma}\big|_{z=0} - T_{\text{ат}})$ – тепловой поток из глинозема в атмосферу, ($T_{\Gamma}\big|_{z=0}$ – температура поверхности глинозема);

$Q_{\kappa-\text{дн}} = S_{\kappa-\text{дн}} \cdot \kappa_{\kappa-\text{дн}}(\text{Ѣ}_{\kappa} - \text{Ѣ}_{\text{дн}})$ – тепловой поток из угольного катода в теплоизолирующее дно;

$Q_{\text{дн}-\text{ат}} = S_{\text{дн}-\text{ат}} \cdot \alpha_{\text{дн}-\text{ат}}(T_{\text{дн}}\big|_{\Delta_{\text{дн}}} - T_{\text{ат}})$ – тепловой поток с наружной поверхности дна в атмосферу.

Здесь $S_{\text{Э}-\text{н}}, S_{\text{Э}-\text{М}}, S_{\text{Э}-\text{кор}}, S_{\text{М}-\text{н}}, S_{\text{М}-\kappa}, S_{\text{кор}-\Gamma}, S_{\Gamma-\text{ат}}, S_{\kappa-\text{дн}}, S_{\text{дн}-\text{ат}}$ – площади соответствующих границ. Коэффициенты теплоотдачи $\text{б}_{\Gamma-\text{ат}}, \text{б}_{\text{дн}-\text{ат}}$, $\text{б}_{\text{Э}-\text{н}}$, $\text{б}_{\text{М}-\text{н}}$ считаются заданными.

Для оценки коэффициентов теплопередачи κ_{ij} между горизонтальными слоями и нахождения профиля температур (в вертикальном направлении) используется стационарное приближение:

$$T_i = d_i + b_i z, \qquad (11)$$

где $0 \le z \le \Delta z_i$, $i = 1,2,3,4,5,6$; Δz_i – высота соответствующих областей; $i = 1$ (Г) – слой глинозема; $i = 2$ (кор) – слой корки; $i = 3$ (Э) – слой электролита; $i = 4$ (М) – слой металла; $i = 5$ (κ) – слой катода; $i = 6$ (дн) – дно.

Произвольные постоянные b_i, d_i определяются по условиям равенства температур и потоков на границе раздела слоев:

$$d_{\Gamma} = T_{\text{ат}} + \frac{\text{л}_{\text{Э}}}{\text{б}_{\Gamma-\text{ат}}} b_{\text{Э}}, \quad b_{\text{кор}} = \frac{\text{л}_{\text{Э}}}{\text{л}_{\text{кор}}} b_{\text{Э}}, \quad b_{\Gamma} = \frac{\text{л}_{\text{Э}}}{\text{л}_{\Gamma}} b_{\text{Э}},$$

$$b_{\text{М}} = \frac{\text{л}_{\text{Э}}}{\text{л}_{\text{М}}} b_{\text{Э}}, \quad b_{\kappa} = \frac{\lambda_{\text{Э}}}{\lambda_{\kappa}} b_{\text{Э}}, \quad b_{\text{дн}} = \frac{1}{\lambda_{\text{дн}}} \lambda_{\text{Э}} b_{\text{Э}},$$

$$d_{\text{кор}} = d_{\Gamma} + b_{\Gamma}\Delta_{\Gamma}, \quad d_{\text{Э}} = T^{\text{Э}}_{\text{лик}}, \quad d_{\text{М}} = d_{\text{Э}} + b_{\text{Э}}\Delta_{\text{Э}}, \qquad (12)$$

$$d_{\kappa} = d_{\text{М}} + b_{\text{М}}\text{Д}_{\text{М}}, \qquad d_{\text{дн}} = d_{\kappa} + b_{\kappa}\Delta_{\kappa},$$

$$b_{\text{Э}} = \frac{T^{\text{дн}}_{\text{ат}} - T^{\text{Э}}_{\text{лик}}}{\lambda_{\text{Э}}\left(\frac{\text{Д}_{\text{Э}}}{\text{л}_{\text{Э}}} + \frac{\text{Д}_{\text{М}}}{\text{л}_{\text{М}}} + \frac{\text{Д}_{\kappa}}{\text{л}_{\kappa}} + \frac{\text{Д}_{\text{дк}}}{\text{л}_{\text{дк}}} + \frac{1}{\text{б}_{\text{дн}-\text{ат}}}\right)}.$$

Коэффициенты теплопередачи $\kappa_{\text{кор}-\Gamma}$, $\kappa_{\text{Э}-\text{М}}$, $\kappa_{\text{М}-\kappa}$, $\kappa_{\kappa-\text{дн}}$ вычисляются по формуле (9). По соотношениям (11), (12) определяются $T_{\Gamma}\big|_{z=0}$, $T_{\text{дн}}\big|_{\text{Д}_{\text{дн}}}$.

По уравнению (10) в стационарном случае рассчитываем выражения для начальных значений средних температур в горизонтальных слоях:

$$\text{Ѣ}_{\text{дн}} = \frac{b_1 - \mu_2 b_2 + \frac{\mu_2 a_{21} b_3}{a_{31}} - \frac{a_{11} b_3}{a_{31}}}{a_{13} - \mu_2 a_{23}},$$

$$\text{Ѣ}_{\kappa} = \frac{b_2 - a_{23}\text{Ѣ}_{\text{дн}} - \frac{a_{21} b_3}{a_{31}}}{a_{22} - \frac{a_{21} a_{32}}{a_{31}}},$$

$$\text{Ѣ}_{\text{М}} = -\frac{a_{32}}{a_{31}}\text{Ѣ}_{\kappa} + \frac{b_3}{a_{31}},$$

$$\text{Ѣ}_{\Gamma} = T_{\text{ат}} + \alpha_{\text{Э}-\text{кор}}\left(\frac{1}{\alpha_{\Gamma-\text{ат}}} + \frac{\text{Д}_{\Gamma}}{2\text{л}_{\Gamma}}\right)(\text{Ѣ}_{\text{Э}} - T^{\text{Э}}_{\text{лик}}), \qquad (13)$$

$$\text{Ѣ}_{\text{кор}} = \text{Ѣ}_{\Gamma} + \frac{S_{\text{Э}-\text{кор}}\,\text{б}_{\text{Э}-\text{кор}}}{S_{\text{кор}-\Gamma}\,\kappa_{\text{кор}-\Gamma}}(\text{Ѣ}_{\text{Э}} - T^{\text{Э}}_{\text{лик}}),$$

где $\mu_1 = \dfrac{\Delta_{\text{дн}}}{2\lambda_{\text{дн}}\left(\frac{\text{Д}_{\text{М}}}{2\text{л}_{\text{М}}} + \frac{\Delta_{\kappa}}{\lambda_{\kappa}} + \frac{\text{Д}_{\text{дн}}}{\text{л}_{\text{дн}}} + \frac{1}{\text{б}_{\text{дн}-\text{ат}}}\right)}$;

$$a_{11} = \mu_1; \quad a_{12} = \frac{\kappa_{\kappa-\text{дн}}}{\alpha_{\text{дн}-\text{ат}}}; \quad a_{13} = -\left(1 + \frac{\kappa_{\kappa-\text{дн}}}{\alpha_{\text{дн}-\text{ат}}}\right);$$

$$b_1 = (\mu_1 - 1)T^{\text{дн}}_{\text{ат}}; \quad a_{21} = S_{\text{М}-K}\kappa_{\text{М}-\kappa};$$

$$a_{22} = -(S_{\text{М}-K}\kappa_{\text{М}-\kappa} + S_{K-\text{дн}}\kappa_{K-\text{дн}});$$

$$a_{23} = S_{K-\text{дн}}\kappa_{K-\text{дн}};$$

$$b_2 = -Q_{qK};$$

$$a_{31} = S_{\text{Э}-\text{М}}\text{б}_{\text{Э}-\text{М}} + S_{\text{М}-\text{н}}\text{б}_{\text{М}-\text{н}} + S_{\text{М}-K}\kappa_{\text{М}-K};$$

$$a_{32} = -S_{\text{М}-K}\kappa_{\text{М}-K};$$

$$b_3 = S_{\text{Э}-\text{М}}\text{б}_{\text{Э}-\text{М}}\text{Ѣ}_{\text{Э}} + S_{\text{М}-\text{н}}\text{б}_{\text{М}-\text{н}}T^{\text{М}}_{\text{лик}} - S_{\text{Э}-\text{М}}\beta_1 q^1_{\text{хим}}.$$

$$\mu_2 = \frac{\left(a_{12} - \frac{a_{11} a_{32}}{a_{31}}\right)}{a_{22} - \frac{a_{21} a_{32}}{a_{31}}}.$$

Средняя температура электролита $\text{Ѣ}_{\text{Э}}$ считается заданной.

Для оценки $\alpha_{\text{Э}-\text{Н}}$ получаем соотношение

$$\alpha_{\text{Э}-\text{н}} = \frac{Q_1 - Q_{a3-\text{Э}} - Q_{\text{Э}-\text{М}} - Q_{\Gamma} - Q_{\text{рг}} - Q_{\text{Э}-\text{кор}} - \beta q_{\text{хим}} S_{a3-\text{Э}}}{S_{\text{Э}-\text{н}}(\text{Ѣ}_{\text{Э}} - T^{\text{Э}}_{\text{лик}})}.$$

Теплообмен через бортовую футеровку с учетом настыли. Настыль контактирует непосредственно с электролитом или металлом, стальной кожух с окружающей средой (рис. 2).

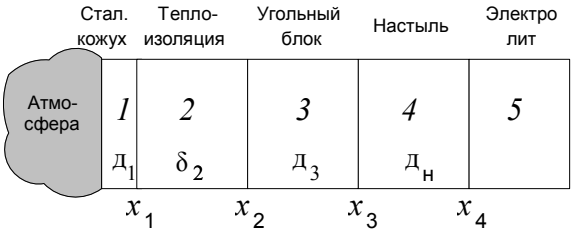


Рис. 2. Схема бортовой стенки

дВ области 1 используется только стационарное приближение в силу малой толщины стального кожуха и большого значения коэффициента теплопроводности стали. Для слоев теплоизоляции, угольного блока и настыли решается нестационарная задача:

$$c_2 M_2 \cdot \frac{d\bar{T}_2}{dt} = Q_{3-2} - Q_{2-1};$$

$$c_3 M_3 \cdot \frac{d\bar{T}_3}{dt} = Q_{4-3} - Q_{3-2}; \qquad (14)$$

$$c_4 M_4 \cdot \frac{d\bar{T}_4}{dt} = Q_{5-4} - Q_{4-3} + Q_{\text{фаз}}^{\text{наст}};$$

$$Q_{2-1} = Q_{1-\text{ат}}.$$

Тепловые потоки определяются по следующим формулам:

$$Q_{1-\text{ат}} = \alpha_{1-\text{ат}}(\bar{T}_1 - T_{\text{ат}}) \cdot S_{1-\text{ат}},$$

$$Q_{2-1} = \kappa_{2-1}(\bar{T}_2 - \bar{T}_1) \cdot S_{2-1},$$

$$Q_{3-2} = \kappa_{3-2}(\bar{T}_3 - \bar{T}_2) \cdot S_{3-2},$$

$$Q_{4-3} = \kappa_{4-3}(\bar{T}_4 - \bar{T}_3) \cdot S_{4-3},$$

$$Q_{5-4} = \alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}}) \cdot S_{5-4}, \qquad (15)$$

$$Q_{\text{фаз}}^{\text{наст}} = \rho_{\text{н}} L_{\text{н}} \frac{\delta_4^{n+1} - \delta_4^{n}}{\Delta t} \cdot S_{5-4}, \quad \kappa_{i-j} = 2\left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_j}{\lambda_j}\right)^{-1},$$

где $\bar{T}_i$ – среднее значение температуры в i-м слое; S_{i-j} – площади соответствующих границ слоев; $Q_{\text{фаз}}^{\text{наст}}$ – тепло фазового перехода; $\rho_{\text{н}}$ – плотность настыли; $L_{\text{н}}$ – скрытая теплота плавления настыли; M_i – массы соответствующих областей.

Начальное приближение находят, решив стационарную задачу:

$$Q_{3-2} - Q_{2-1} = 0,$$

$$Q_{4-3} - Q_{3-2} = 0,$$

$$Q_{5-4} - Q_{4-3} = 0,$$

$$Q_{2-1} = Q_{1-\text{ат}}.$$

Решение этой системы с учетом формул (15) имеет вид

$$\bar{T}_1^0 = T_{\text{ат}} + \frac{\alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})}{\alpha_{1-\text{ат}}},$$

$$\bar{T}_2^0 = \bar{T}_1^0 + \frac{\alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})}{\kappa_{2-1}},$$

$$\bar{T}_3^0 = \bar{T}_2^0 + \frac{\alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})}{\kappa_{3-2}},$$

$$\bar{T}_4^0 = \bar{T}_3^0 + \frac{\alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})}{\kappa_{4-3}}. \qquad (16)$$

Для оценки динамики толщины настыли используем стационарные приближения в горизонтальном направлении:

$$T_i = d_i + b_i x, \quad 0 \le x \le \delta_i, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

Для средних температур в слоях имеем

$$\bar{T}_i = d_i + 0{,}5 b_i \delta_i. \qquad (17)$$

Считаем, что средние значения температур известны. По условиям непрерывности температур на границах между слоями и на границе фазового перехода получаем уравнения для определения d_i, b_i, δ_4:

$$d_1 + b_1\delta_1 = d_2, \; d_2 + b_2\delta_2 = d_3,$$

$$d_3 + b_3\delta_3 = d_4, \; d_4 + b_4\delta_4 = T_{\text{лик}}^{\text{Э}},$$

$$\rho_{\text{н}} L_{\text{н}} \frac{d\delta_4}{dt} = \lambda_4 b_4 - \alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}}). \qquad (18)$$

По (17), (18) при $\frac{d\delta_4}{dt} = 0$ находим начальное значение δ_4^0:

$$\delta_4^0 = \frac{2\lambda_4(T_{\text{лик}}^{\text{Э}} - \bar{T}_4)}{\alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})}. \qquad (19)$$

В нестационарной задаче для определения толщины настыли получаем уравнение

$$\rho_{\text{н}} L_{\text{н}} \frac{d\delta_4}{dt} = 2\lambda_4 \frac{T_{\text{лик}}^{\text{Э}} - \bar{T}_4}{\delta_4} - \alpha_{\text{Э}-\text{н}}(\bar{T}_{\text{э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}}).$$

Численное решение этого уравнения имеет вид

$$\delta_4^{n+1} = 0{,}5\left(\delta_4^{n} - \frac{\Delta t \cdot \alpha_{\text{Э}-\text{н}}}{\rho_{\text{н}} L_{\text{н}}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})\right) +$$

$$+\sqrt{0{,}25\left(\delta_4^{n} - \frac{\Delta t \cdot \alpha_{\text{Э}-\text{н}}}{\rho_{\text{н}} L_{\text{н}}}(\bar{T}_{\text{Э}} - T_{\text{лик}}^{\text{Э}})\right)^2 + \frac{2\lambda_4 \Delta t}{\rho_{н} L_{н}}(T_{\text{лик}}^{\text{Э}} - \bar{T}_4)}. \qquad (20)$$

Толщина настыли в слое металла определяются по аналогичным формулам.

Полученные соотношения позволяют определить теплопотери через бортовую футеровку с учетом динамики настыли.

Стационарная модель анода. Оценка положения границы спекания. Для построения упрощенной тепловой модели необожженного анода Содерберга выделим три характерные области: сверху жидкая анодная масса, далее спеченный анод, разделенный, в свою очередь, на погруженную и непогруженную в электролит части (рис. 3). Непогруженные в электролит зоны имеют сбоку стальной кожух.

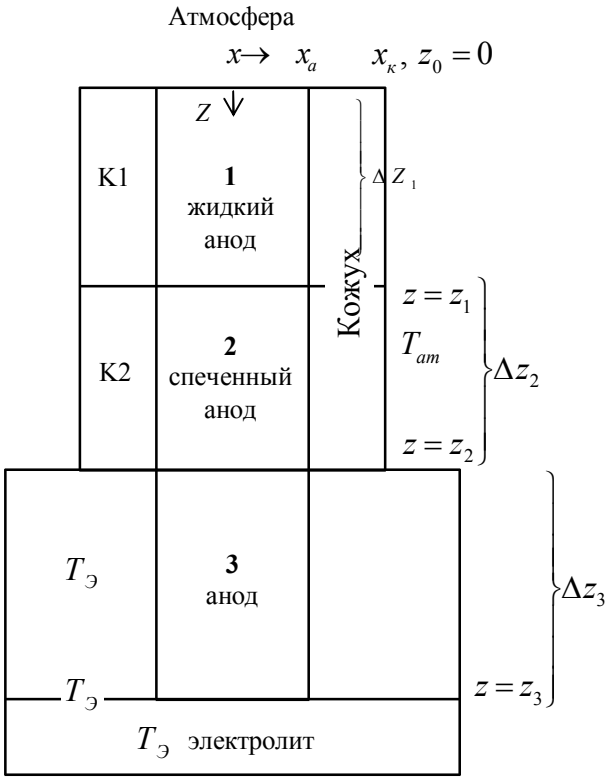


Рис. 3. Схема анода Содерберга

Потоки тепла через границы выделенных областей определяют по формулам

$$Q_{a1-\text{ат}} = S_{a1-\text{ат}} \cdot \alpha_{a1-\text{ат}} (T_{a1}\big|_{z=0} - T_{\text{ат}}),$$

$$Q_{a1-a2} = S_{a1-a2} \cdot \kappa_{a1-a2} (\bar{T}_{a2} - \bar{T}_{a1}),$$

$$Q_{a2-a3} = S_{a2-a3} \cdot \kappa_{a2-a3} (\bar{T}_{a3} - \bar{T}_{a2}), \qquad (21)$$

$$Q_{a3-Э} = S_{a3-Э} \cdot \alpha_{a3-Э} (\bar{T}_Э - \bar{T}_{a3}) - S_{a3-Э} \beta q_{\text{хим}},$$

$$Q_{j\,\text{кож}-\text{ат}} = \frac{S_{j\,\text{кож}-\text{ат}}}{\mu_{aj}} (\bar{T}_{aj} - T_{\text{ат}}), \qquad j = 1, 2.$$

Здесь $\mu_{aj} = \dfrac{x_a}{2\lambda_j} + \dfrac{1}{\alpha_{\text{кож}-\text{ат}}}$, S_{i-j} – площади соответствующих границ, $\bar{T}_{aj}$ – средняя температура в j-й области, $T_{\text{ат}}$ – температура воздуха, $\beta q_{\text{хим}}$ – теплота Пельтье на границе анод-электролит, λ_j – эффективные коэффициенты теплопроводности, учитывающие стальные токоподводящие стержни (j = 1, 2). Кроме того, значения $\alpha_{a1-\text{ат}}$, $\alpha_{a3-Э}$, $\alpha_{\text{кож}-\text{ат}}$ считаются заданными, κ_{a1-a2}, κ_{a2-a3} находят по формулам (9). Формулы для потоков $Q_{j\,\text{кож}-\text{ат}}$ получены с использованием одномерных стационарных приближений в горизонтальном направлении. $T_{a1}\big|_{z=0}$ – температура жидкого анода на границе с атмосферой. Для нахождения этого значения температуры анода и оценки положения границы спекания используем стационарные приближения в вертикальном направлении:

$$T_{ai} = d_i + b_i z, \qquad 0 \le z \le \Delta z_i, \quad i = 1, 2, 3,$$

где Δz_i – высота соответствующих областей. Отсюда для средних температур получаем соотношения

$$\bar{T}_{ai} = d_i + 0{,}5 b_i \Delta z_i.$$

Считаем, что средние значения температур в областях анода известны. По условию непрерывности температур на горизонтальных границах получаем

$$d_1 + b_1 \Delta z_1 = d_2, \quad d_2 = T_{\text{сп}}, \; d_2 + b_2 \Delta z_2 = d_3, \qquad (22)$$

здесь $T_{\text{сп}}$ – температура спекания жидкого анода. В стационарном случае на границе раздела жидкого и спеченного анода выполняется условие равенства потоков тепла:

$$\lambda_1 b_1 = \lambda_2 b_2. \qquad (23)$$

По соотношению (22), (23) находим

$$T_{a1}\big|_{z=0} = d_1 = 2\bar{T}_{a1} - T_{\text{сп}},$$

$$\Delta z_1 = \frac{\lambda_1 z_2 (T_{\text{сп}} - \bar{T}_{a1})}{\lambda_1 (T_{\text{сп}} - \bar{T}_{a1}) + \lambda_2 (\bar{T}_{a2} - T_{\text{сп}})}. \qquad (24)$$

Для стационарного состояния имеют место уравнения:

$$Q_{a1-a2} - Q_{a1-\text{ат}} - Q_{1\,\text{кож}-\text{ат}} = 0,$$

$$Q_{a2-a3} - Q_{a1-a2} - Q_{2\,\text{кож}-\text{ат}} + Q_{2q} = 0,$$

$$Q_{a3-Э} - Q_{a2-a3} + Q_{3q} = 0,$$

здесь Q_{2q}, Q_{3q} – внутренние источники тепла от прохождения электрического тока в соответствующих областях. Подставляя в эти соотношения формулы (21) для потоков тепла, получим систему линейных уравнений для определения $\bar{T}_{a1}, \bar{T}_{a2}, \bar{T}_{a3}$. Решение этой системы имеет вид

$$\bar{T}_{a1} = A_1 / A_2, \; \bar{T}_{a2} = A_{12} \bar{T}_{a1} + A_{42},$$

$$\bar{T}_{a3} = A_{13} \bar{T}_{a2} + A_{23}, \qquad (25)$$

где $A_{33} = S_{a3-Э} \alpha_{a3-Э} + S_{a2-a3} \kappa_{a2-a3}$;

$$A_{13} = \frac{S_{a2-a3} \kappa_{a2-a3}}{A_{33}}; \; A_{23} = \frac{Q_{3q} + S_{a3-Э} \alpha_{a3-Э} \bar{T}_Э - S_{a3-Э} \beta q_{\text{хим}}}{A_{33}};$$

$$A_{22} = S_{a2-a3}\kappa_{a2-a3}(1 - A_{13}) + S_{a1-a2}\kappa_{a1-a2} + \frac{S_{2\text{кож-ат}}}{\mu_{a2}};$$

$$A_{12} = \frac{S_{a1-a2}\kappa_{a1-a2}}{A_{22}};$$

$$A_{42} = \frac{Q_{2q} + S_{a2-a3}\kappa_{a2-a3}A_{23} + \frac{S_{2\text{кож-ат}}}{\mu_{a2}}T_{\text{ат}}}{A_{22}}; \quad (26)$$

$$A_1 = S_{a1-a2}{}^{K_{a1-a2}}A_{42} + S_{a1-\text{am}}{}^{\alpha_{a1-\text{am}}}(T_{\text{am}} + T_{\text{cn}}) + \frac{S_{1\text{кож-am}}}{\mu_{\text{a1}}}T_{\text{am}};$$

$$A_2 = 2S_{a1-\text{am}}{}^{\alpha_{a1-\text{am}}} + \frac{S_{1\text{кож-am}}}{\mu_{\text{a1}}} - S_{a1-a2}{}^{K_{a1-a2}}A_{12}.$$

Рассмотрим алгоритм определения стационарного приближения для анода:

– этап 1. Из соотношений (25), (26) по заданной температуре электролита $t_э$ находим средние значения температур в слоях анода 1, 2, 3;

– этап 2. По формуле (24) уточняем высоту слоя жидкого анода – Δz_1^m.

Далее переходим на этап 1. Итерации повторяются до выполнения условия $\left|\Delta z_1^{m+1} - \Delta z_1^m\right| \le \varepsilon$.

Порядок выполнения численных расчетов. Перед началом каждого динамического расчета вычисляется стационарное распределение температур, тепловых потоков, толщин настыли в металле и электролите, высоты спекания анода. Задаются начальные значения средней температуры электролита, температура воздуха, приходы тепла от электроэнергии в электролите, катоде и в аноде. По соотношениям (13), (16), (19), (24), (25) определяются начальные значения температур в рассматриваемых областях, толщины настыли и положение границы спеченного анода. Найденное стационарное состояние соответствует введенным начальным технологическим условиям и заданным параметрам.

Далее на каждом временном шаге последовательно решаются системы уравнений (10), (14), по формулам (20), (24) уточняются толщины настыли и положение границы спеченного анода. Система (14) решается так же, как для слоя металла.

Динамика теплообмена электролизера определяется по изменениям прихода тепла от электроэнергии, которые выводят систему из равновесия: изменяются температуры выделенных областей, толщины настыли. Вследствие этого увеличиваются или уменьшаются теплопотери в атмосферу через днище, борта электролизера, анодную массу и кожух анода. Плавление настыли или затвердевание электролита приводит к изменению массы электролита. В результате электролизер приходит в новое стационарное состояние с повышенными (пониженными) температурами расплавов, повышенными (пониженными) температурами наружных поверхностей, уменьшенными (увеличенными) толщинами настыли.

На основе схематизации электролизера в виде характерных областей и использования нульмерных моделей разработана тепловая динамическая модель, предназначенная для эффективного решения задач управления технологией электролиза алюминия.

Библиографический список.

1. Белолипецкий, В. М. Многослойная математическая модель теплового баланса виртуального электролизера / В. М. Белолипецкий, Т. В. Пискажова // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. 2004. № 7. (Т. 9). С. 295–299.

2. Белолипецкий, В. М. Упрощенная компьютерная модель динамики настыли виртуального электролизера / В. М. Белолипецкий, Т. В. Пискажова // Вестник КАЗНУ им. Аль-Фараби. 2003. № 6. (Т. 8). С. 22–28.

V. M. Belolipetsky, T. V. Piskazhova, M. V. Emelyashin

HEAT DYNAMIC MODEL FOR CONTROLLINC OF ALUMINIUM ELECTROLYSIS PROCESS

The heat dynamic model of aluminium electrolysis is demonstrated. It is created for controlling of technological process in the real time. The model bases on aluminium cell schematization in special areas and zero-dimensional submodel.

УДК 669.713.7:541.138.2

В. С. Биронт, Т. Н. Дроздова, В. В. Батурова, А. Л. Войнич, Ю. В. Ким

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АНОДНОГО РАЗРУШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА

Рассмотрены факторы, влияющие на разрушение металлических анодов в условиях высокотемпературного электролиза. Моделирование порообразования объективно отражает реально развивающиеся процессы разрушения никелевых сплавов при электролизе алюминия и позволяет их прогнозировать и регулировать.

Одним из наиболее крупных потребителей электродов является алюминиевая промышленность. Электроды работают в весьма жестких эксплутационных условиях (высокой температуры, агрессивной среды в виде расплавленных солей и т. д.), поэтому они должны удовлетворять следующему ряду требований: выдерживать высокую температуру, иметь хорошую электропроводность, малую пористость, обладать хорошей стойкостью против окисления кислородом и разъедания различными химическими веществами.

В современной алюминиевой промышленности в качестве материалов анода, удовлетворяющих перечисленным выше требованиям, применяются угольные материалы. Однако их применение сопряжено с определенными недостатками:

– угольный анод расходуется в ходе электролиза и является источником примесей, загрязняющих электролит и металл;

– используемая технология приводит к выбросу в атмосферу вредных газов.

Эти недостатки угольных анодов привели к поиску других материалов – инертных, которые во время электролиза. В качестве инертных анодов могут применяться керамические [1], керамико-металлические [24; 3] и металлические материалы [4; 5]. Металлические аноды обладают целым рядом преимуществ: они легко отливаются в нужную форму и способны вырабатывать поверхностный оксидный слой в ходе электролиза, который защищает тело анода от воздействия криолит-глиноземного расплава [6].

Методика проведения исследований. При металлографическом исследовании образцов из жаростойких никелевых сплавов после испытаний в электролитической ячейке в условиях высокотемпературного электролиза алюминия был обнаружен поверхностный пористый многозонный слой [6], причиной формирования которого является коррозионное воздействие электролита (рис. 1).

В основе происходящего поверхностного разрушения (деградации) анодного материала лежат диффузионные процессы. Для моделирования этих процессов, происходящих на поверхности раздела с электролитом, при выносе компонентов сплава с образованием пористости, было создано программное обеспечение для описания механизма порообразования, приводящего к разрушению анода в условиях высокотемпературного получения алюминия [7].

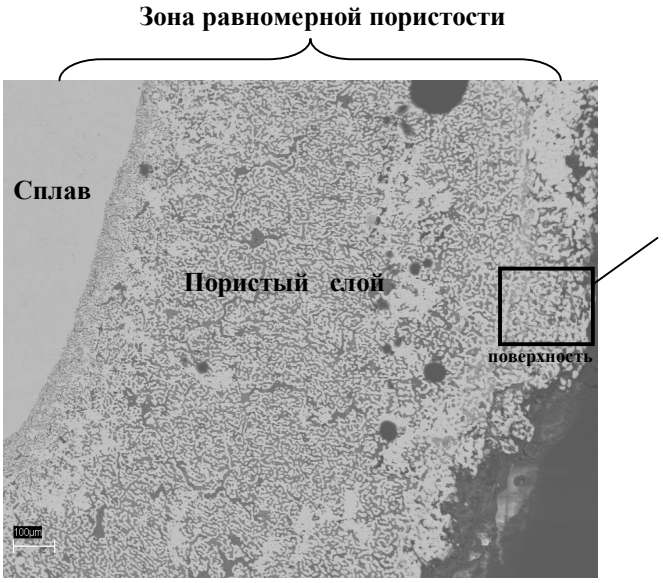


Рис. 1. Микроструктура многозонного пористого слоя

Программа, в основу которой заложено уравнение

$$\theta = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{х,ф}}}{C_{\text{исх}} - C_{\text{пов}}} = \text{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot \tau}}\right), \qquad (1)$$

где и – относительная концентрация диффундирующего элемента; $C_{\text{исх}}$ – исходная концентрация диффундирующего элемента в сплаве; $C_{x,\text{ф}}$ – концентрация диффундирующего элемента в точке, расположенной на расстоянии x от поверхности через время ф; $C_{\text{пов}}$ – концентрация диффундирующего элемента на поверхности сплава; x – расстояние от поверхности, см; ф – время, с; D – коэффициент диффузии, см^2/с; erf – интеграл вероятности или функция ошибок Гаусса [8], позволяет рассчитать по заданной исходной концентрации компонентов в сплаве и на поверхности раздела с электролитом концентрацию диффундирующего элемента в точке, расположенной на заданном расстоянии от поверхности раздела через

определенный промежуток времени, и рассчитать значения плотности и пористости с построением графиков изменения этих величин.

Согласно уравнению (1), распределение плотности сплава по толщине диффузионной зоны

$$\rho_{x,\tau} = \sum_{i=1}^{n} C_{i,x,\tau} \cdot \rho_{i,x,\tau} + C_{Ni} \cdot \rho_{Ni} \,, \qquad (2)$$

где $C_{i,x,\tau} \cdot \rho_{i,x,\tau}$ – произведение концентрации и плотности каждого компонента сплава.

Плотность сплава связана с его пористостью согласно уравнению

$$\delta = \left(1 - \frac{\rho_{x,\tau}}{\rho_{\text{спл}}}\right) \cdot 100\,\% \,, \qquad (3)$$

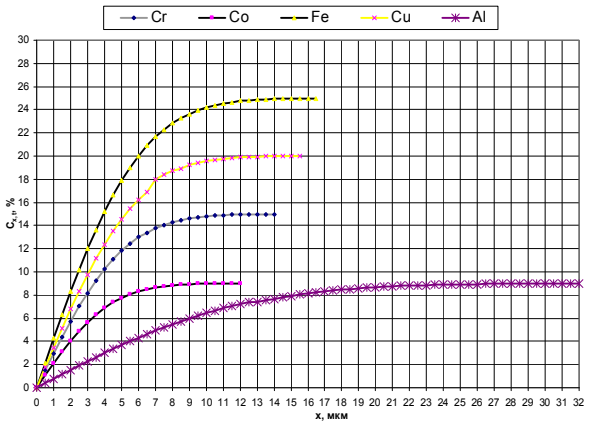
где $c_{\text{спл}}$ – исходная плотность сплава, г/см^3.

Ниже приведены примеры расчета концентрации, плотности и пористости по сечению диффузионной зоны для сплава экспериментального анода, имеющего следующий химический состав: Ni – 25 %; Fe – 15 %; Cr – 10 %; Co – 10 %; Cu – 5 %; Al – 5 %, при воздействии высокой температуры в течение 7 г (рис. 2).

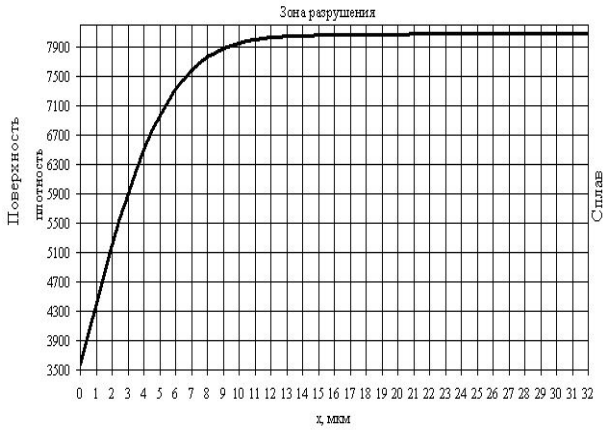
Результаты исследований. Представленная выше зависимость изменения концентрации легирующих элементов (рис. 2, *а*) позволяет сделать вывод о том, в какой последовательности и на каком расстоянии начинает диффундировать каждый легирующий элемент из глубинных в поверхностные слои сплава при воздействии агрессивной среды. Методика расчета была принята для весьма жестких условий, когда концентрация каждого легирующего компонента на поверхности падает до нуля.

Плотность сплава по сечению зоны разрушения начинает незначительно уменьшаться от границы сплав – зона разрушения, но на расстоянии 12 мкм от поверхности начинается резкое падение значения плотности, поскольку на данном участке разрушения из сплава в результате совместных единонаправленных диффузионных потоков, т. е. происходит наложение диффузионных процессов (рис. 2, *б*).

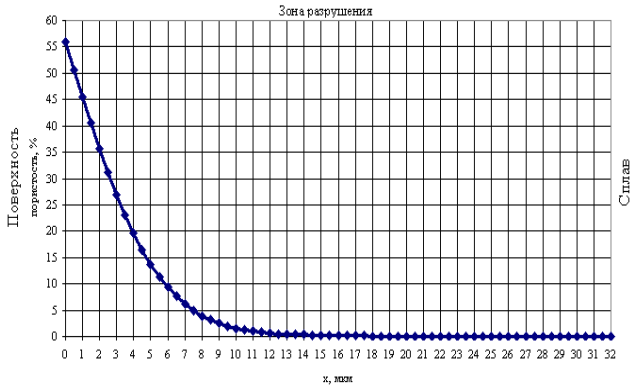
Пористость сплава растет постепенно по мере обеднения твердого раствора легирующими компонентами и при достижении расстояния, на котором в диффузионном выносе участвуют все компоненты, наблюдается резкое увеличение данной характеристики (рис. 2, *в*). Это связано с тем, что каждый из компонентов сплава имеет различные диффузионные характеристики и образует разный уровень градиента концентраций между поверхностью и сплавом. Поэтому в один и тот же промежуток времени компоненты выносятся из глубинных слоев с различной степенью полноты и с разной скоростью.



а



б



в

Рис. 2. Изменение по сечению диффузионной зоны сплава экспериментального анода концентрации легирующих элементов (*а*), плотности (*б*), пористости (*в*)

Авторами был проведен сравнительный анализ экспериментальных данных и данных, рассчитанных по описанной выше программе.

Микрорентгеноспектральный анализ образцов системы 25 % Ni – 15% Fe – 10 % Cr – 10 % Co – 5 % Cu – 5 % Al после испытаний в условиях электролиза показал наличие в поверхностных слоях некоторого количества элементов, ушедших не полностью (см. таблицу). В реальных условиях имеющиеся в сплаве элементы, обладая разными диффузионными характеристиками, выносятся из сплава с разной полнотой и скоростью, поэтому некоторые из них могут оставаться там в небольшом количестве.

На основании данных таблицы, характеризующих содержание компонентов сплава в поверхностных слоях образца после электролиза, было проведено моделирование процесса разрушения и получены данные изменения концентрации элементов и плотности сплава по толщине деградационного слоя (рис. 3).

По мере приближения к поверхности происходит перераспределение компонентов в слое с формированием пористой металлической зоны (рис. 3, *а*). В этой зоне концентрация Al падает до нуля, Fe – до 0,49 %, Cr – до 0,95 %, содержание Co также уменьшается (но слабее), концентрация Cu растет по мере обеднения твердого раствора другими компонентами и достигает 11,36 %, остальную часть сплава составляет Ni (см. таблицу).

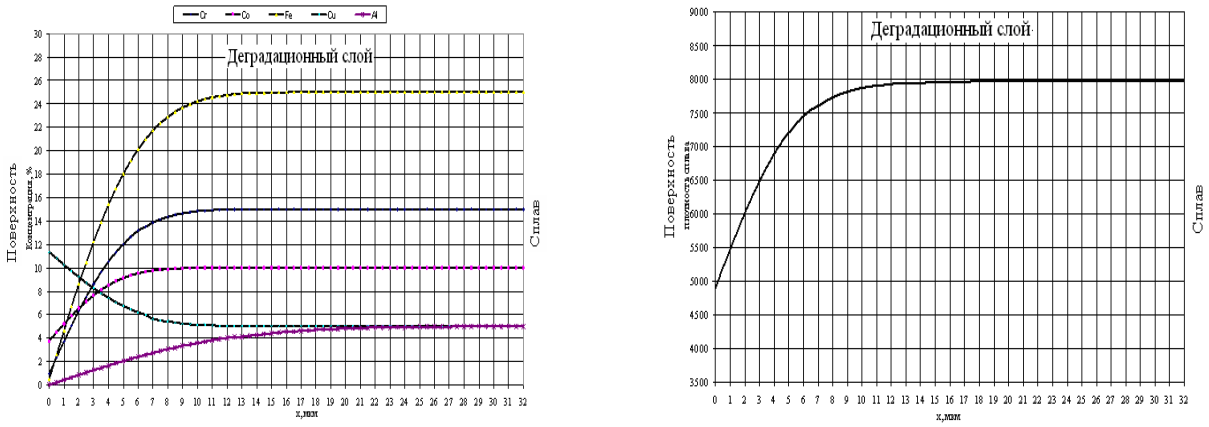
По мере приближения к расплаву при электролизе в экспериментальном аноде происходит падение плотности сплава (рис. 3, *б*). Плотность падает постепенно до 12 мкм, а затем наблюдается резкое ее падение, связанное с диффузией компонентов из сплава в расплав. Реальное значение плотности сплава на поверхности больше теоретического, что связано с неполным уходом компонентов в расплав.

Пористость образца анодного сплава после испытаний в электролитической ячейке (рис. 4) на поверхности сплава, на основании расчета по созданной авторами программе, равна 39 % (рис. 4, *а*), а усредненное значение поверхностной пористости анализируемого образца, определенное по микроструктуре, также составило 39 % (рис. 4, *б*).

На основании рассмотренных выше процессов, происходящих в микрообъемах деградационного слоя, можно представить механизм развития процесса разрушения металлического анода в условиях электролиза. На начальных этапах работы анода кислород, выделяющийся в процессе электролиза, диффундирует в твердый раствор, образует в нем области, обогащенные кислородом, с возможным химическим взаимодействием с компонентами, имеющими высокое сродство к кислороду (например, алюминием, хромом, железом). Это приводит к уменьшению содержания этих компонентов в поверхностных слоях твердого раствора, создавая градиенты концентрации компонентов между поверхностью и глубинными слоями.

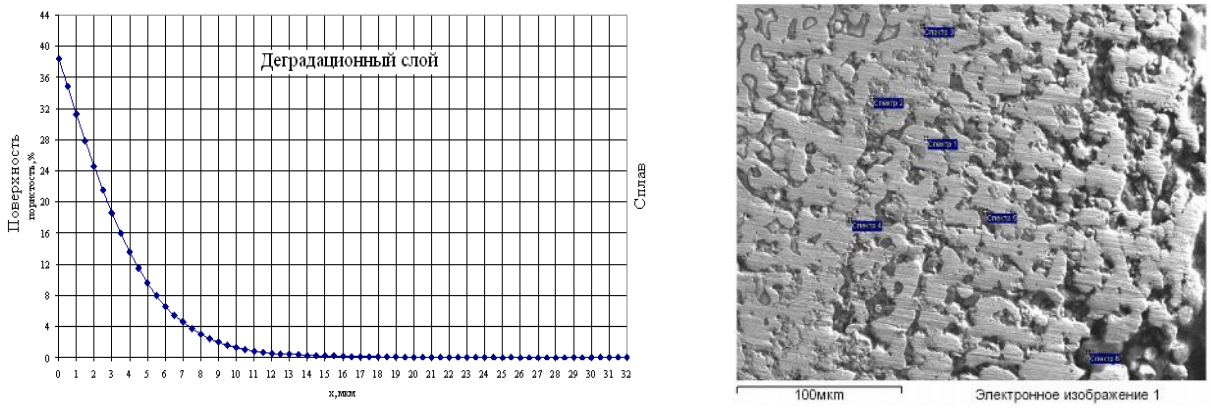
Содержание легирующих элементов в поверхностных слоях анодного сплава после электролиза

Элемент	Ni	Fe	Cr	Co	Cu	Al	O (F)
Содержание, масс. %	82,28	0,49	0,95	3,76	11,36	0	1,16



а *б*

Рис. 3. Зависимости изменения по сечению диффузионной зоны анодного сплава концентрации легирующих элементов (*а*) и плотности после испытаний в электролитической ячейке (*б*)



а *б*

Рис. 4. Пористость образца системы 25 % Ni 15 % Fe 10 % Cr 10 % Co 5 % Cu 55%Al после испытаний в электролитической ячейке: *а* – расчетная пористость сплава при моделировании порообразования; *б* – микроструктура деградационного слоя в зоне расчетной пористости

Появление градиентов концентрации компонентов вызывает их направленную диффузию из глубинных объемов к поверхности раздела с электролитом и образование избыточных вакансий Френкеля, вакансионных комплексов, перерастающих со временем в поры различных форм и размеров. На месте ушедших компонентов образуются микропоры, в которые из расплава электролита диффундирует кислород, а также такие компоненты расплава, как фтор, натрий и др.

Поскольку выделение ионов кислорода на активной поверхности анода при электролизе и его диффузия вглубь металла анода является непрерывным процессом, имеющим локальный характер, то образование пористости на начальном этапе вызывает формирование тонких непрерывных каналов, по которым происходит затекание расплава в глубину рабочего слоя и осуществляется электрический контакт этой жидкости с основным объемом электролитного расплава, в результате чего жидкость в каналах участвует в процессе активного электролиза.

Зона деградации является пористым образованием, основу которого составляет металлическая матрица. Она содержит компоненты, характеризующиеся высокой устойчивостью к растворению в условиях электролиза, в порах которого находятся компоненты электролитного расплава. По расчетным данным, диффузионная зона, свободная от электролитных составляющих, равна 32 мкм за 7 ч. С учетом динамического формирования и перемещения вглубь металла чисто диффузионной зоны, ее глубина может быть значительно меньше. В рассматриваемом авторами образце ширина такой зоны достигает нескольких сотен микрометров, что связано с диффузией кислорода. Общая толщина же диффузионного слоя составляет несколько сотен микрометров, что соизмеримо с глубиной диффузионного проникновения кислорода вглубь экспериментального анода. Широкая зона равномерной пористости (см. рис. 1) является результатом практически полного выноса в электролитный расплав диффузионно-подвижных компонентов (алюминия, железа, хрома) и устранения в связи с этим градиентов концентраций этих компонентов по сечению металлического скелета пористой зоны. Таким образом, на толщину деградационного слоя влияют два фактора: диффузия кислорода в сплав и диффузия металлических компонентов в расплав.

Сравнение характеристик пористости образца 25 % Ni – 15 % Fe – 10 % Cr – 10 % Co – 5 % Cu – 5 % Al после испытаний в электролитической ячейке, рассчитанных по программе, моделирующей диффузионные процессы, и по микроструктуре в поверхностном слое, показало сопоставимые результаты – 39 %, что подтверждает описанный выше механизм порообразования, в основу которого заложены диффузионные процессы.

Таким образом, сформируем следующие выводы:

– в основе разрушения сплавов на никелевой основе в условиях высокотемпературного электролиза алюминия лежат диффузионные процессы, которые можно представить как вынос компонентов сплава в результате совместных однонаправленных диффузионных потоков при воздействии высокой температуры и агрессивной среды. В итоге образуется пористость, нарушается сплошность металла и, как следствие, возникает разрушение;

– в разрушающемся слое формируется многозонность, характеризующаяся разной степенью пористости, что обусловлено различиями во временном интервале образования и развития каждой зоны выносимыми в разных количествах диффузионно-подвижными компонентами;

– на пористость никелевых сплавов существенное влияние оказывает градиент концентрации элементов (разница их содержания в сплаве и на поверхности раздела с электролитом). Если эта разница существенна, то пористость растет, поэтому нужно создавать условия по снижению этого градиента, а также формировать защитный барьер, препятствующий проникновению кислорода вглубь металла, что позволит оптимизировать процесс образования пленок на поверхности;

– полученные результаты могут быть использованы для никелевых жаростойких сплавов, применяемых в различных областях промышленности. Моделирование порообразования при высокотемпературном коррозионном воздействии позволяет прогнозировать и регулировать процесс разрушения сплавов на основе никеля.

Библиографический список

1. Xian-xi, Wu. Исследование инертного анода для алюминиевых электролизеров / Wu. Xian-xi, Mao Xiao-hao // Guizhou gongue daxue xuebao. Ziran kexue ban J. Guizhou Univ. Natur. Sci. Ed. 1999. Vol. 28, № 5. С. 36–41, 48.

2. On the corrpsion behavior of Ni–NiO–$NiFe_2O_4$ cermets as Inert anodes in aluminium electrolytics / Lai Yanqing, Duan Huanan, Li Jei [et. al] // Light Metals-2005. Warrendale, PA : TMS, 2005. P. 529–534.

3. Zhao Wem, W. Fabrication of Al–Ni–Cu–O Cermets Inert Anodes and Electrolysis Testing [Текст] / W. Zhao Wem, Luo Tao, Gao Bing. // Light Metals-2005.Warrndale, PA : TMS,2005. P. 535–540.

4. Пат. 2113696 Канада, МПК^6 С 25 С 3/12, С 25 С 3/18. Нерасходуемый анод и футеровка для алюминиевого электролизера / T. R. Beck, R. J. Brooks ; Electrochemical Technology Corp., Ltd. № 2113696.1 ; заявл. 18.01.94 ; опубл. 14.12.99.

5. Пат. 6878247 США, МПК^7 С 25 В 011//04. Metal-based anodes for aluminium electrowinning cells / J. J. Duruz, T. T. Nguyen, V. De Nora; Moltech Invent S. A. № 161036 ; заявл. 03.06.02 ; опубл. 12.04.05.

6. Ким, Ю. В. Хромосодержащие жаростойкие сплавы как материалы инертного анода при электролитическом получении алюминия / Ю. В. Ким, Т. Н. Дроздова, Д. А. Симаков // Алюминий Сибири–2005 : сб.ст. Красноярск, 2005. С. 14–148.

7. Информационные технологии в лабораторном практикуме / В. С. Биронт, Т. А. Орелкина, В. Ю. Гурская, и др. // Проблемы подготовки специалистов в системе непрерывного образования : сб. ст. / отв. ред. В. С. Биронт ; Гос. ун-т. цв. металлов и золота. Красноярск, 2006. Вып. 12. С. 130–133.

8. Попов, А. А. Теоретические основы химико-термической обработки стали / А. А. Попов. Свердловск : Металлургиздат, 1962. 120 с.

V. S. Biront, T. N. Drozdova, V. V. Baturova, A. L. Voinich., Yu. V. Kim

MODELLING OF NICKEL ALLOYS SURFACE ANODIC CORROSION PROCESSES IN HIGH-TEMPERATURE ELECTROLYSIS CONDITION

Factors, which influence on the nickel anodes corrosion in high-temperature electrolysis condition, are discussed. Cavitation modeling evenly reflects real-upcoming processes of nickel alloys degradation in aluminum electrolysis and permits to forecast and adjust them.

УДК 629.130

О. Г. Бойко, А. Г. Зосимов, Л. Г. Шаймарданов

ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Рассмотрены вопросы обоснования возможности изменения стратегии технического обслуживания на примере анализа режимов нагружения и надежности рулевых приводов и агрегатов.

Эксплуатирующийся в России парк самолетов гражданской авиации (ГА) разрабатывался в 60–70 гг., когда использовалась стратегия технической эксплуатации до выработки ресурса и стратегия технического обслуживания по наработке часов, посадок, циклов. В настоящее время часть агрегатов и комплектующих изделий этих стареющих самолетов переведена на стратегию технической эксплуатации по фактическому состоянию до предотказного состояния и до безопасного отказа. Вместе с этим опыт эксплуатации самолетов зарубежного производства и анализ надежности функциональных систем отечественной авиационной техники приводит эксплуатантов к расширению перечня агрегатов, эксплуатирующихся по фактическому техническому состоянию, и уменьшению затрат на техническое обслуживание и, главным образом, на ремонт.

Ниже будет дано обоснование возможности изменения стратегии технической эксплуатации рулевых приводов и агрегатов самолетов Ту-154М и Ту-154Б, основанное на статистических материалах по наработкам, отказам и неисправностям самолетов авиакомпаний «Красноярские авиалинии», «Самара», «Омск-авиа», эксплуатирующих парк 36 самолетов разных типов.

В соответствии с принятой стратегией технической эксплуатации, установлены следующие межремонтные ресурсы:

– для рулевых приводов элеронов РП-55-2А, рулей высоты и направления РП-56-2А, элеронов-интерцепторов РП-57 и РП-58, средних интерцепторов РП-59, гидроцилиндров внутренних интерцепторов, приводов закрылков РП-60-1 и рулевых агрегатов РА-56В – 1 2000 ч;

– приводов предкрылков ЭПВ-8ПМ и механизма управления стабилизатором МУС-3ПТВ – 15 000 ч.

Вместе с тем очевидно, что часть рулевых приводов, обеспечивающих работу взлетно-посадочной механизации, срабатывает циклически, так же как и шасси, для агрегатов которых ресурсы установлены по числу посадок. К циклически срабатывающим агрегатам системы механизации планера относятся МУС-3ПТВ, ЭПВ-8ПМ, РП-60-1, РП-59 и гидроцилиндры внутренних интерцепторов. Но оправданность назначения этим агрегатам межремонтных ресурсов в летных часах вызывает сомнение

Рулевые приводы и агрегаты РП-55-2А, РП-56-2А, РП-57, РП-58, РА-56В средств управления полетом на эшелоне крейсерского полета работают с существенно меньшей интенсивностью, чем на взлете, выходе на эшелон, на снижении, заходе на посадку и на посадке. НВремя полета на эшелоне для среднемагистральных самолетов составляет 80…90 % полетного времени. Это дает основание говорить о квазициклическом нагружении перечисленных выше приводов управления полетом.

Чтобы получить ответ на вопрос об оправданности назначения рулевым приводам ресурсов в летных часах, нами определены налеты на посадку с начала эксплуатации и после последнего ремонта для 36 самолетов (см. таблицу). Для рассматриваемых экземпляров самолетов, в порядке возрастания налета на посадку, построены зависимости по полету с начала эксплуатации и после последнего ремонта (рис. 1, 2). Очевидно, что они с достаточной степенью приближения, могут быть представлены прямыми. Отсюда вытекает, что любым равным интервалам налета на посадку соответствует одинаковое число экземпляров самолетов, имеющих налет на посадку в пределах этих интервалов. Следовательно, налет на посадку является случайной величиной распределенной с равной плотностью вероятностей. Самолет с равной вероятностью может иметь любой налет на посадку после последнего ремонта (см. рис. 2) в интервале 1…3,5 ч, т. е. при 12 000 ч межремонтного ресурса равновероятны 3 500 и 12 000 циклов взлетов-посадок и циклов срабатывания приводов средств механизации планера.

В работе [1] отмечена «полная несостоятельность установления ресурсов как средства предотвращения авиационных происшествий. При современном уровне промышленного производства интенсивность отказов авиационной техники (так называемая лямбда-характеристика) все еще далека от вида дельта-функции и более близка к нормальному распределению. А это означает большие дисперсии сроков безотказной работы, появление отказов при самой различной наработке и бессмысленность введения ресурсных ограничений». Применительно к рассматриваемому в данной статье вопросу о стратегиях технической эксплуатации рулевых приводов это высказывание следует дополнить: плотность вероятности циклов погружения приводов не только далека от вида дельта-функции и нормального распределения, пусть даже и с большой дисперсией, но и соответствует закону равной плотности вероятностей,

не дающему возможность сколь-нибудь обоснованно установить объемы наработки агрегатов в функции налета часов. Все сказанное выше не дает никаких поводов для стратегии технической эксплуатации рулевых приводов агрегатов по отработке ресурсов в летных часах.

Обращаясь к рис. 1 и 2, нельзя не отметить, что диапазон изменения налета на посадку после последнего ремонта больше, чем с начала эксплуатации самолетов. Срок эксплуатации самолетов после последнего ремонта меньше, чем с начала эксплуатации, и фактор смены маршрутов полетов в последнем случае оказал более существенное нивелирующее влияние на среднюю величину беспосадочных полетов различных экземпляров самолетов. На налет самолета на посадку существенное влияние оказывает и региональных фактор. Если налет на посадку у авиакомпании «Красноярские авиалинии» составил 2…3,5 ч (рис. 3), то у авиакомпании «Самара» – 1,5…2,5 ч (рис. 4). Это легко объясняется тем, что красноярские самолеты эксплуатируются на более протяженных маршрутах, чем самолеты авиакомпании «Самара». Общей для этих компаний является вероятность реализаций налета на посадку в пределах установившихся диапазонов.

Значение налета часов на одну посадку

Аэропорт базирования	№ борта	Налет после последнего ремонта, ч/п	Налет с начала эксплуатации, ч/п
Красноярск	85201	2,974 859 212	2,750 604 412
	85417	2,786 726 500	2,605 519 804
	85418	2,887 223 092	2,470 162 225
	85489	2,738 317 757	2,779 219 832
	85505	2,786 964 981	2,757 319 011
	85529	2,952 380 952	2,769 657 724
	85660	3,378 787 879	2,220 863 971
	85672	3,471 135 940	3,471 135 940
	85678	2,662 313 920	2,215 641 173
	85679	3,541 115 435	2,795 009 892
	85682	3,200 697 211	3,200 697 211
	85683	2,808 615 587	2,341 009 743
	85694	3,225 198 038	2,416 696 061
	85702	1,237 100 428	2,337 543 785
	85704	3,006 954 103	2,779 735 683
	85708	3,3939 679 55	2,795 097 608
	85720	1,546 039 923	2,289 359 763
	85759	2,521 276 596	2,374 803 644
Самара	85585	1,517 557 652	1,915 118 119
	85500	1,985 101 744	1,986 680 155
	85267	2,041 242 938	1,979 857 050
	85472	1,985 101 744	1,986 680 155
	85716	2,388 609 190	2,388 960 919
	85723	2,108 448 928	2,094 902 688
	85731	1,938 095 238	1,9380 952 38
	85792	2,748 502 994	1,647 347 384
	85817	1,510 688 836	1,510 688 836
	85821	1,942 997 745	1,942 997 745
	85822	1,397 219 882	1,638 870 321
	85823	1,971 561 230	2,038 543 140
Омск	85714	1,284 143 021	1,649 865 580
	85730	3,241 145 281	2,994 117 866
	58745	1,122 012 159	1,498 630 579
	85750	1,327 457 341	1,631 844 251
	85763	3,077 984 832	3,322 626 847
	85801	1,499 982 702	1,499 982709

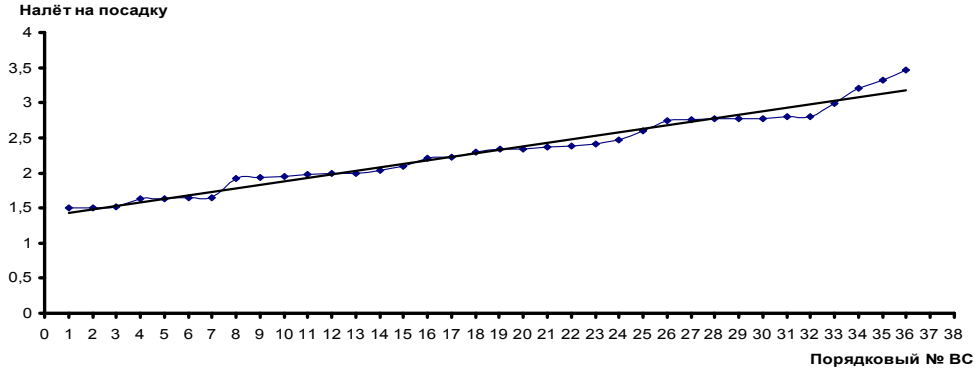


Рис. 1. Налет на посадку с начала эксплуатации

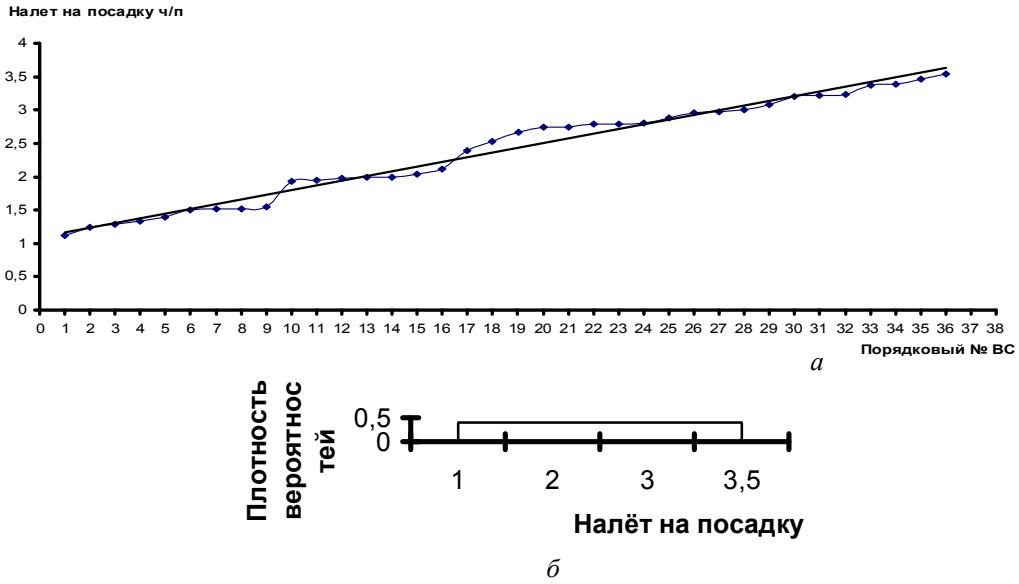


Рис. 2. Налет на посадку (*а*) и плотность вероятностей налета на посадку (*б*) после последнего ремонта

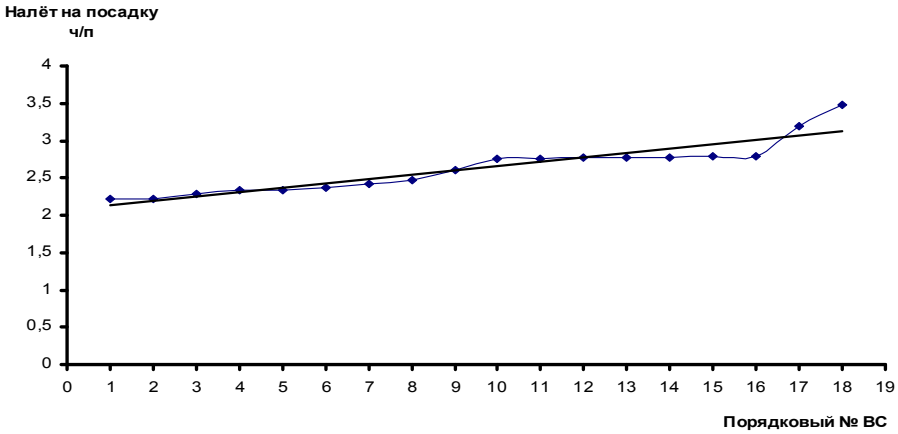


Рис. 3. Налет на посадку после последнего ремонта у авиакомпании «Красноярские авиалинии»

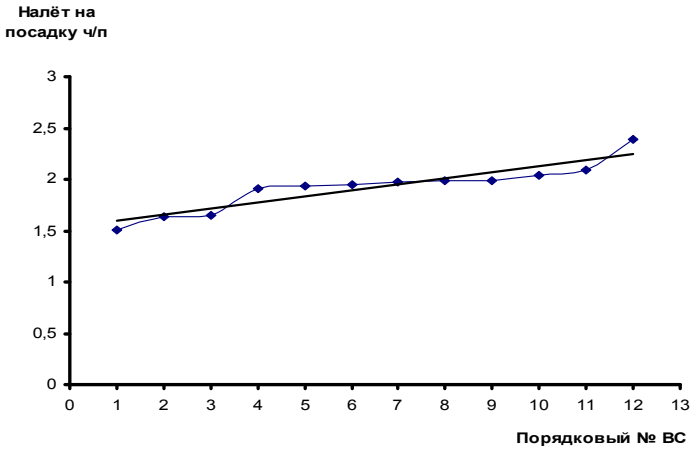


Рис. 4. Налет на посадку после последнего ремонта у авиакомпании «Самара»

Формирование предложений по изменению стратегий технической эксплуатации рулевых приводов и агрегатов не может быть обосновано без рассмотрения вопросов надежности и диагностирования отказов и неисправностей. Анализ надежности выполнен авторами с использованием статистических материалов по отказам, неисправностям, налетам авиакомпании «Красноярские

авиалинии», эксплуатирующей последние пять лет 15 экземпляров самолетов Ту-154М и Ту-154Б. За рассматриваемый период отказы рулевых приводов и агрегатов на самолетах авиакомпании не наблюдались. В связи с этим оценки их надежности получены по статистике неисправностей.

Минимальный налет на неисправность составил 40 602 ч для РП-55-2А, а максимальный – 182 712 ч для РП-56-2А.

Анализ выявленных неисправностей выявленных, а также материалов дефектации приводов на авиаремонтном заводе дает основание считать, что они проявляются главным образом в виде наружной и внутренней капельной негерметичности, не приводящей к отказам и вследствие этого не влияющей на безопасность полетов. Они своевременно выявляются по действующим методикам при установленных режимах технического обслуживания. Вероятность появления в полете неисправностей, не влияющих на безопасность полетов, для большинства рулевых приводов и агрегатов соответствует требованиям норм летной годности к частоте реализаций аварийной ситуации, вызванной отказами авиационной техники [2], что подтверждает их высокую надежность.

Более прямую оценку надежности рулевых приводов и агрегатов можно получить рассчитав значения верхней доверительной границы вероятности появления отказов по выражению [3]

$$Q = 1 - \sqrt[n]{1-\beta},$$

где n – число опытов; β – доверительная вероятность, рекомендуемое в гражданской авиации значение в = 0,95.

В авиакомпании эксплуатируются 15 самолетов. На каждом из них установлено по 24 рулевых привода и агрегата. Их суммарный налет за пять лет эксплуатации составил 2 919 144 ч. Отказов не наблюдалось. При этом верхняя доверительная граница вероятности отказа на 1 ч полета по одному из каналов управления, с учетом трехкратного резервирования, оценивается как $1{,}949 \cdot 10^{-13}$. Это значение на пять порядков превышает требования норм летной годности к допустимой вероятности 10 возникновения отказа, поскольку отказ хотя бы одного канала управления приводит катастрофической ситуации.

Высокая надежность рулевых приводов и агрегатов самолетов Ту-154М и Ту-154Б заложена разработчиком, обеспечена изготовителем и поддерживается системой технического обслуживания эксплуатантов. Все эксплуатанты осуществляют обслуживание самолетов по единой нормативно-технической документации, определяющей периодичность, объемы и технологии работ. Но организация работ, квалификация персонала, техническая оснащенность, маршруты и климатические условия везде не одинаковы. Отмеченное выше и многое другое определяет фактор эксплуатанта, оказывающий существенное влияние на поддержание надежности авиационной техники. Поэтому следует с осторожностью относиться к широкому толкованию оценок надежности авиационной техники, полученным по статистическим материалам конкретного эксплуатанта.

В рассматриваемом случае эксплуатант поддерживает высокий уровень надежности авиационной техники и, отправляя в ремонт рулевые привода и агрегаты через каждые 12 000 летных часов, терпит существенные и, на наш взгляд, неоправданные убытки. Выявляемые в процессе эксплуатации неисправности не влияют на безопасность полетов и успешно диагностируются на ранних стадиях действующими методиками, поэтому перевод эксплуатации рулевых приводов и агрегатов на стратегию по фактическому техническому состоянию вполне оправдан.

Библиографический список

1. Венцель, Е. С. Теория вероятности / Е. С. Венсель. М. : Физматиз, 1962. 563 с.

2. АП-26. Авиационные правила. Нормы летной годности / Межгос. авиац. комитет. М., 1989.

3. Зубков, Б. В. Методология расследования авиационных происшествий и инцидентов / Б. В. Зубков, А. В. Майоров // Науч. вестн. Моск. гос. техн. ун-та гражд. авиации. 2004. № 9 (75). С. 10–19.

O. G. Boyko, A. G. Zosimov, L. G. Shaymardanov

THE TECHNICAL EXPLOITATION OF CIVIL AVIATION AIRPLANES AGGREGATES PROBLEMS AND POSSIBILITIES OF STRATEGIES CHANGING

Using the analysis of loading conditions and steering wheel drives and aggregates reliability the possibility of the technical service strategy changing are considered.

УДК 517.55, 519.6

М. В. Бураченко

АЛГОРИТМ ПОНИЖЕНИЯ КРАТНОСТИ ИНТЕГРАЛА РАЦИОНАЛЬНОЙ АЛГЕБРАИЧЕСКИ ТОЧНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ С КВАЗИЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ЗНАМЕНАТЕЛЕМ

Изложен метод понижения кратности интеграла рациональной алгебраически точной дифференциальной формы с квазиэллиптическим знаменателем вписан алгоритм и представлена его реализация для системы компьютерной алгебры Maple 9.

В данной статье в качестве основного объекта исследования будем рассматривать интеграл вида

$$I = \int_{R^n} \frac{P(x)}{Q(x)} dx = \int_{R^n} \frac{P(x_1, ..., x_n)}{Q(x_1, ..., x_n)} dx_1 ... dx_n , \quad (1)$$

где $P(x)$ и $Q(x)$ – полиномы. Предполагается, что Q не обращается в нуль на R^n и интеграл (1) сходится абсолютно. Такие интегралы встречаются в различных областях математики и теоретической физики. В частности, к ним приводятся феймановские интегралы в квантовой теории поля [1], [2]; некоторые интегралы такого типа выражают топологические заряды инстантонных полей [3].

В работе [4] была предложена формула для понижения кратности подобных интегралов в случае, когда $Q(x)$ – эллиптический полином, не обращающийся в нуль на R^n, а подынтегральная форма алгебраически точна. В работе [5] этот результат был обобщен на случай квазиэллиптического знаменателя.

В данной статье, развивающей идеи работы [5], излагается метод понижения кратности интеграла (1) в случае квазиэллиптического знаменателя, описывается соответствующий алгоритм и представляется его реализация для системы компьютерной алгебры Maple 9, позволяющей вычислять интеграл (1) до конца в пространстве R^2 и понижать кратность интеграла на единицу в пространстве R^3.

Основные определения и постановка задачи

Введем, следуя [5], некоторые определения и условные обозначения, необходимые для формулировки основного результата.

Ниже будут рассмотрены интегралы вида (1), где P и Q – полиномы с рациональными коэффициентами. Это ограничение на коэффициенты связано с возможностью реализации алгоритмов. С теоретический точки зрения допустимы коэффициенты из любого упорядоченного поля характеристики нуль.

Пусть полином $Q(x)$ представлен в виде

$$Q(x) = \sum_{б \in N^n} c_б x^б = \sum_{(б_1,...,б_n) \in N^n} c_{б_1...б_n} x_1^{б_1} ... x_n^{б_n} ,$$

где N – множество натуральных чисел с добавленным нулем. Носителем Q будем называть множество $\mathrm{supp}Q = \{б \in N^n \mid c_б \neq 0\}$.

Многогранником Ньютона Д = Д(Q), соответствующим полиному Q, называется выпуклая оболочка в R^n для носителя Q.

Срезкой Q_v полинома Q в направлении ковектора $v \in R^{n*}$ (здесь R^{n*} означает сопряженное пространство к R^n) будем называть полином $Q_v = \sum_{б \in Д^v} c_б x^б$, где $\Delta^v = \left\{ w \in \Delta : \langle w, v \rangle = \min_{u \in \Delta} \langle u, v \rangle \right\}$ – грань Д в направлении v.

Определение 1. Полином Q называется квазиэллиптическим, если для любого ненулевого ковектора $v \in R^{n*}$ срезка Q_v не обращается в нуль в торе $(R \setminus \{0\})^n$.

Замечание 1. Так как число граней многогранника Д конечно, то условие квазиэллиптичности достаточно проверять лишь для конечного числа срезок Q_v.

При дальнейшем изложении будем полагать, что для многогранника Ньютона Д, соответствующего полиному Q, справедливо следующее предложение:

Предположение 1. Многогранник Д(Q) содержит по ребру на каждой координатной оси Ox_i, $1 \le i \le n$.

Каждому многограннику Ньютона Δ можно поставить в соответствие двойственный конический полиэдр (веер) $У_Д$. Дадим его определение.

С каждым ковектором $v \in R^{n*}$ связана грань $Д^v$ многогранника Д, на которой скалярное произведение $<v, u>$ минимально на Д. Два ковектора будем считать эквивалентными, если связанные с ними грани совпадают. Замыкание классов эквивалентности ковекторов, связанных с гранью $Д_i$, образует конус в R^{n*}, порожденный элементами решетки Z^{n*}. Этот конус называется двойственным к грани $Д_i$. Совокупность конусов, двойственных всем граням многогранника Д, образует веер $У_Д$, который называется двойственным к многограннику Д. Мы будем рассматривать только полные вееры, для которых объединение входящих в них конусов есть все пространство R^{n*}.

Очевидно, что образующими ребер веера $У_Д$ являются внутренние нормали v_j гиперграней $\Delta_j^{(n-1)} \in \Delta$, а набор $v^{j_1}, ..., v^{j_k}$ таких нормалей порождает конус $\sigma\left(v^{j_1}, ..., v^{j_k}\right)$ в $У_Д$ тогда и только

тогда, когда соответствующие грани $\Delta_{j_1}^{(n-1)}, ..., \Delta_{jk}^{(n-1)}$ имеют непустое пересечение $\Delta_{j_1,...,j_k}$. Размерность конуса у будет дополнительной к размерности грани $\Delta_{j_1,...,j_k}$, т. е. $\dim y = n - \dim Д_{j_1,...,j_k}$.

Конус, число ребер которого равно его размерности, назовем симплициальным. Симплициальный k-мерный конус $\sigma\left(v^1, ..., v^k\right)$ называется примитивным, если параллелепипед $\prod = \left\{\sum_{l=1}^{k} л_v v^1, 0 \le л_v < 1\right\}$ не содержит целых точек (точек, все координаты которых целые числа), отличных от точки 0, или, что то же самое, векторы v^1, .., v^k можно дополнить до базиса решетки Z^{n*}. При $k = n$ это условие эквивалентно тому, что матрица, образованная векторами v^1, .., v^k – унимодулярна, т. е. ее определитель равен ± 1. Веер будем называть примитивным, если любой его конус симплициален и примитивен.

Пусть d – число гиперграней многогранника Д(Q) и $У_Д$ – веер, двойственный $\Delta\left(Q\right)$. Обозначим через $v^1, ..., v^d$ минимально целочисленные образующие ребер веера $У_Д$. Если веер $У_Д$ не является примитивным, то можно построить примитивный веер $\widetilde{\Sigma}_\Delta$, состоящий из примитивных конусов, причем каждый конус $\widetilde{\Sigma}_\Delta$ лежит внутри некоторого конуса из Σ_Δ, и если конус из $У_Д$ – примитивный, то он не измельчается. Пусть в результате такого подразбиения к векторам v^1, …, v^d добавились векторы v^{d+1}, …, v^{d+r}.

Для каждого вектора v^k, $1 \le k \le d$, определим матрицу $C_k = C_{k_1...k_{n-1}k} = \left(v^{k_1}, ..., v^{k_{n-1}}, v^k\right)$, столбцами которой служат векторы $v^{k_1}, ..., v^{k_{n-1}}$, порождающие вместе с v^k конус в $\widetilde{\Sigma}_\Delta$. Поскольку $\widetilde{\Sigma}_\Delta$ – примитивный веер, то все матрицы C_k унимодулярны, т. е. $\det C_k = \pm 1$, $1 \le k \le d$.

С каждой матрицей C_k свяжем биномиальную замену координат $x = y^{C_k}$, что в терминах координат $\left(v_1{}^k, ..., v_n{}^k\right)$ векторов v^k означает следующее:

$$\begin{cases} x_1 = y_1^{v_1^{k_1}} ... y_{n-1}^{v_1^{k_{n-1}}} y_n^{v_1^k}, \\ ..... \\ x_n = y_1^{v_n^{k_1}} ... y_{n-1}^{v_n^{k_{n-1}}} y_n^{v_n^k}. \end{cases}$$

На подынтегральное выражение в (1) будем смотреть как на дифференциальную форму, и записывать ее в виде

$$щ = \frac{P\left(x_1, ..., x_n\right)}{Q\left(x_1, ..., x_n\right)} dx_1 \wedge ... \wedge dx_n. \qquad (2)$$

Определение 2. Дифференциальная форма щ называется алгебраически точной, если существует рациональная (n – 1) – форма ц, дифференциал dц которой равен щ. Такую форму ц будем называть рациональной первообразной для формы щ.

Определение 3. Пусть ц – рациональная форма степени p, т. е. $\varphi = \sum_{1 \le i_1 < ... < i_p \le n} \varphi_{i_1...i_p}\left(x\right) dx_{i_1} \wedge ... \wedge dx_{i_p}$, где коэффициенты $\varphi_{i_1...i_p}\left(x\right)$ – рациональные функции переменной $x \in R^n$. Если знаменатели всех функций $\varphi_{i_1...i_p}$ являются степенями квазиэллиптического полинома Q, то мы говорим, что форма ц не растет на бесконечности, когда для каждой гиперграни Δ_j^{n-1} многогранника Д(Q) форма $\varphi\left(y^{C_i}\right)$ не имеет полюса на гиперплоскости $y_n = 0$.

Введем обозначения: $\left|v^k\right| = v_1^k + ... + v_n^k$,

$$G_\pm = \left\{\left(y_1, ... y_{n-1}\right) \in R^n : y_1^{\left|v^{k_1}\right|-1} \cdot ... \cdot y_{n-1}^{\left|v^{k_{n-1}}\right|-1} \gtrless 0\right\}.$$

В указанных обозначениях справедлива следующая теорема:

Теорема 1. Пусть Q – квазиэллиптический полином, не обращающийся в нуль на R^n, и интеграл (1) абсолютно сходится. Если дифференциальная форма (2) имеет рациональную первообразную ц, которая не растет на бесконечности, то для интеграла (1) справедлива формула

$$I = \left(-1\right)^n \sum_{k=1}^{d+r} \left(1 + \left(-1\right)^{\left|v_k\right|}\right) \det C_k \left(\int_{G_+} - \int_{G_-}\right) \left[\varphi\left(y^{C_k}\right)\right]\Big|_{y_n=0}, \qquad (3)$$

где суммирование ведется по всем (n – 1)-мерным граням $\Delta_k^{n-1}\left(Q\right)$.

Доказательство этой теоремы в рамках данной работы не приводится, но его можно найти в [5].

Для случая $n = 2$ формулу (3) можно переписать в виде

$$I = 2 \sum_{k:\left|v^k\right| - \text{четн}} \int_R \left[\varphi\left(y^{C_k}\right)\right]\Big|_{y_2=0}.$$

Алгоритм понижения кратности интеграла рациональной алгебраически точной дифференциальной формы с квазиэлептическим знаменателем

На основании вышеизложенного представим алгоритм понижения кратности интеграла (1). Все вспомогательные алгоритмы, выделенные латинскими буквами, будут описаны далее, после основного алгоритма.

QuasiellipticIntegration(P, Q, x)

Input: $P = P(x_1, \dots x_n)$ – полином, зависящий от n переменных, – числитель подынтегральной формы интеграла (1);

$Q = Q(x_1, \dots x_n)$ – полином, зависящий от n переменных, – знаменатель подынтегральной формы интеграла (1);

$x = [x_1, \dots x_n]$ – список переменных;

Output: интеграл вида (3), кратность которого $(n - 1)$;

1) проверка того, что Q не обращается в нуль в R^n:

t_1 : = PolyNot0(Q, x);

if t_1 = false then error `знаменатель обращается в нуль`;

2) проверка квазиэллиптичности полинома Q:

t_2 : = Quasielliptic(Q, x);

if t_2 = false then error `знаменатель не квазиэллиптический`;

3) проверка условия предположения 1:

Д : = NewtonPolyhedron(Q, x);

if найдется $1 \le I \le n$, такой что не существует $s \in N$, такого что $\left(0, \dots, \underset{I}{s}, \dots, 0\right) \in \Delta$ then error `условие предположения 1 не выполняется`;

4) проверка того, что дифференциальная форма с коэффициентом $\frac{P}{Q}$ алгебраически точная, и вычисление ее рациональной первообразной ц, не растущей на бесконечности:

ц : = RationalPrimitive (P, Q, x) ц: = = RationalPrimitive(Q, P, x);

if $\varphi = \underbrace{[0, \dots, 0]}_{n}$ then error `для исходной подынтегральной формы не существует рациональной первообразной, не растущей на бесконечности`;

5) проверка абсолютной сходимости интеграла (1):

t_3 = AbsoluteConvergence(P, Q, x);

if t_3 = false then error `интеграл не сходится абсолютно`;

6) У : = NormalFan(Q, x) – веер в R^{n*}, двойственный многограннику Д, конуса которого порождены минимальными целочисленными ковекторами v^k, $k = 1, \dots, d$ внутренних нормалей к $(n - 1)$-мерным граням Δ_k^{n-1} многогранника Д;

7) $\widetilde{\Sigma}$: = PrimitiveNormalFan(У) – примитивный веер, полученный в результате простого подразбиения веера У (Q) добавлением к его образующим ковекторов $v^{d+1} \dots v^{d+r}$;

8) каждому ковектору v^k, $k = 1, \dots, d$, сопоставим унимодулярную матрицу $C_k = \left(v^{k_1}, \dots, v^{k_{n-1}}, v^k\right)$, так чтобы ковекторы $v^{k_1}, \dots, v^{k_{n-1}}, v^k$ образовывали конус в $\widetilde{\Sigma}(Q)$;

9) с каждой матрицей C_k, $1 \le k \le d + r$ свяжем биномиальную замену переменных $x = y^{C_k}$;

10) return (интеграл кратности $(n - 1)$, записанный по формуле (2))

end.

Пока интеграл, получившийся в результате работы алгоритма, удовлетворяет условиям теоремы 1 и предположения 1, его кратность можно понижать, используя тот же алгоритм. Но если итоговый интеграл не будет удовлетворять какому-либо из условий, то его можно попытаться вычислить стандартными средствами.

Разберем подробнее вспомогательные алгоритмы, встречающиеся в основном алгоритме, и особенности их реализации в системе компьютерной алгебры Maple.

Построение многогранника Ньютона и двойственного ему веера. При рассмотрении QuasiellipticIntegration, в частности при проверке условий квазиэллиптичности знаменателя, алгебраической точности подынтегральной формы и абсолютной сходимости интеграла, нам понадобятся алгоритмы построения многогранника Ньютона (алгоритм NewtonPolyhedron) и двойственного ему веера нормалей (алгоритм NormalFan). Напомним, что многогранником Ньютона полинома называется выпуклая оболочка точек носителя этого полинома.

Алгоритмы построения многогранника Ньютона полинома и двойственного ему веера осуществляются в два этапа: на первом этапе определяется носитель полинома, а на втором находится его выпуклая оболочка.

Для построения выпуклой оболочки множества точек n-мерного пространства используется алгоритм, базирующийся на алгоритме Моцкина–Бургера [6], и его реализация П. А. Буровским [7] в виде Maple-программ Convexhull и FullConvexhull программного пакета convexhull.

Программа Convexhull по заданному списку точек и размерности пространства строит список точек исходного множества, попадающих на каждую из гиперграней выпуклой оболочки точек исходного списка, и список образующих нормальных конусов соответствующих гиперграней. Программа FullConvexhull строит описание граней всех размерностей и нормальных конусов к ним.

Для построения многогранника Ньютона и двойственного ему вектора нормалей (алгоритмы NewtonPolyhedron и NormalFan соответственно)

мы будем пользоваться какой-либо одной из этих процедур в зависимости от полноты требуемых данных.

Если исходный интеграл берется по пространству R^2, то подключение пакета convexhull не требуется. Для построения многогранника Ньютона (это будет выпуклый многоугольник) используется стандартная Maple-процедура convexhull программного модуля simplex. Для построения веера нормалей векторы, получающиеся при обходе многоугольника против часовой стрелки, поворачиваются на угол 90^0 (если (x, y) – координаты вектора-стороны многоугольника, то $(-y, x)$ – координаты внутренней нормали к этой стороне) и минимизируются т. е. для каждого вектора вычисляется наименьший общий делитель его координат и все координаты на него делятся.

Проверка того, что знаменатель не обращается в нуль, и квазиэллиптичность знаменателя. На знаменатель $Q(x)$ подынтегральной формы интеграла (1) накладываются два условия:

Условие 1. Полином $Q(x)$ не обращается в нуль в R^n.

Условие 2. Полином $Q(x)$ является квазиэллиптическим полиномом, т. е. для любого ненулевого ковектора $v \in R^{n*}$ срезка Q_v не обращается в нуль в торе $(R \setminus \{0\})^n$.

Для проверки этих условий используется так называемый алгоритм цилиндрического алгебраического разбиения, или сокращенно CAD-алгоритм (от англ. *Cylindrical Algebraic Decomposition*). Этот алгоритм является инструментом для решения систем полиномиальных уравнений и неравенств в R^n и заключается в построении такого разбиения пространства R^n, чтобы в каждой компоненте разбиения сохранялись знаки всех полиномов исходной системы. Под разбиением пространства будем понимать конечную совокупность непересекающихся областей пространства, объединение которых равно этому пространству

Впервые такой метод был предложен в 1948 г. Тарским, но он не был реализован практически. В 1973 г. Коллинз предложил конструктивный метод. В рамках данной статьи алгоритм был реализован в виде Maple-программы CAD.

Введем некоторые определения, необходимые для формулирования основных положений метода. Все определения даются согласно работам [8, 9]. Более детальное описание алгоритма можно найти в [9].

Входными данными для алгоритма является множество полиномов $\Phi \subset \overline{Q}[x_1, ..., x_n]$, где $\overline{Q}$ – поле алгебраических чисел, и список переменных $[x_1, ..., x_n]$.

CAD-алгоритм состоит из трех основных этапов: проекции, построения базы и расширения.

Этап проекции состоит из $(n - 1)$-го шага. На каждом шаге строится новое множество полиномов, зависящих от числа переменных, на единицу меньшего, чем полиномы множества, полученного на предыдущем шаге. Множества нулей полиномов, полученных на каждом шаге этапа, – это проекции особых точек множеств полиномов предыдущего шага, т. е. точек самопересечений, изолированных точек и точек, в которых касательные вертикальны. Переход от множества полиномов к множеству их проекций осуществляется при помощи оператора proj. Чтобы его записать, нам понадобятся некоторые условные обозначения.

Пусть $F = \{f_1, \ldots, f_r\}$, где $f_i(x_1, \ldots, x_n) \in \overline{Q}[x_1, ..., x_n]$, $1 \le i \le r$. Эти полиномы можно рассматривать как полиномы, зависящие от одной переменной x_n, коэффициентами которых являются полиномы от $(n - 1)$-й переменной $x_1, \ldots, x_{n-1}$, т. е. $f_i(x_1, \ldots, x_n)$, $1 \le i \le r$, представляется в виде $f_i(x_1, ..., x_{n-1}, x_n) = f_{i,d_i}(x_1, ..., x_{n-1})x_n^{d_i} + ... + f_{i,0}(x_1, ..., x_{n-1}) \in \overline{Q}[x_1, ..., x_{n-1}][x_n]$ и $f_{i,k}(x_1, ..., x_{n-1})$ – коэффициент i-го полинома при k-й степени переменной, x_n – полином, зависящий от переменных $x_1, \ldots, x_{n-1}$.

Обозначим $\tilde{f}_i^k(x_1, ..., x_n) = \sum_{j=0}^{k} f_i^j(x_1, ..., x_{n-1})x_n^j$, где $0 \le k \le d_i$.

Обозначим символом D_{x_n} оператор дифференцирования по переменной x_n.

Матрицу $\mathrm{mat}(g_1, \ldots, g_k) = [g_{i,\, l-g}]$ размера $k \times k$, где $l = 1 + \max_{1 \le i \le k}(\deg(g_i))$, назовем матрицей, ассоциированной с полиномами $g_1, \ldots, g_k$.

Для полинома g степени s по переменной x_n и полинома h степени m по переменной x_n определим $\mathrm{psc}_l^{x_n}(g, h) = \det(M_l)$, где матрица M_l состоит из l первых столбцов матрицы $\mathrm{mat}\left(x^{s-l-1}g, ..., g, x^{m-l-1}h, ..., h\right)$, ассоциированной с полиномами $x^{s-l-1}g, ..., g, x^{m-l-1}h, ..., h$.

Тогда

$$\mathrm{proj}(F) = \mathrm{proj}_1(F) \cup \mathrm{proj}_2(F) \cup \mathrm{proj}_3(F),$$

где $\mathrm{proj}_1 = \left\{f_i^k(x_1, ..., x_{n-1}) \,|\, 1 \le i \le r,\, 0 \le k \le d_i\right\}$;

$$\mathrm{proj}_2 = \left\{\mathrm{psc}_l^{x_n}\left(\tilde{f}_i^k(x_1, ..., x_n), D_{x_n}\left(\tilde{f}_i^k(x_1, ..., x_n)\right)\right) \,|\, 1 \le i \le r,\, 0 \le l < k \le d_i\right\};$$

$$\mathrm{proj}_3 = \left\{\mathrm{psc}_m^{x_n}\left(\tilde{f}_i^{k_i}(x_1, ..., x_n), \tilde{f}_j^{k_j}(x_1, ..., x_n)\right) \,|\, 1 \le i < j \le r,\, 0 < k_i, k_j \le d_i,\, 0 \le m \le \min(k_i, k_j) \le d_i\right\}.$$

Определенный таким образом оператор proj рекурсивно применяется $(n - 1)$ раз к исход-

ному множеству полиномов, т. е. proj^0(Ц) = Ц, proj^1(Ц) = proj(proj^0(Ц)), …, proj^j(Ц) = proj(proj^{j-1}(Ц)), …, proj^{n-1}(Ц) = proj(proj^{n-2}(Ц)). Последнее множество – множество полиномов, зависящих от одной переменной x_1, – конечный результат этапа проекции.

На *этапе построение базы* строится множество пробных точек разбиения пространства R^1. В качестве входных данных выступает множество полиномов $\mathrm{proj}^{n-1}(F)$ – это множество полиномов, зависящих от одной переменной, получившееся в результате этапа проекции, и сама переменная, от которой зависят данные полиномы. Вычисляются действительные корни полиномов множества $\mathrm{proj}^{n-1}(F)$. Эти корни в общем случае являются алгебраическими числами и могут быть представлены в виде пары полинома и интервала, на котором этот полином имеет единственный корень – данное алгебраическое число, причем концами интервала являются рациональные числа, а полином выбирается таким образом, чтобы его степень была наименьшей. Пусть у нас получилось следующее множество алгебраических чисел $\xi_1 \in (u_1, v_1], \ldots, \xi_s \in (u_s, v_s]$, где все $u_j, v_j \in \overline{Q}$. Пробные точки выбираем следующим образом: $б_1 = u_1$, $б_2 = о_1, \ldots, б_{2s+1} = v_s + 1$. Последнее множество и является результатом этапа построения базы.

Цель *этапа расширения* заключается в построении разбиения пространства R^n. В качестве входных данных выступает множество пробных точек, полученное на этапе построения базы: $\mathrm{base}_0 = \{б_1, \ldots, б_{2s+1}\}$. Этап расширения содержит $(n - 1)$ шагов.

На первом шаге точки множества base_0 подставляются в полиномы множества $\mathrm{proj}^{n-2}(F)$ – проекции, полученной на $(n - 2)$-м шаге этапа проекции. В результате такой подстановки для каждой точки $б_j$, $1 \le j \le 2s + 1$ получается множество полиномов, зависящих от одной переменной x_2. К ним снова применяется этап построения базы. Пусть в результате для каждой точки $б_j$, $1 \le j \le 2s + 1$ получилось множество пробных точек $\left\{\beta_1^j, \ldots, \beta_{2l_i+1}^j\right\}$. Тогда множество пробных точек разбиения R^2 организуется следующим образом:

$$\left\{\begin{matrix}(б_1, в_1^1), \ldots, (б_1, в_{2l_1+1}^1), (б_2, в_1^2), \ldots, \\ (б_1, в_{2l_2+1}^2), \ldots, (б_{2s+1}, в_1^{2s+1}), \ldots, (б_{2s+1}, в_{2l_{2s+1}+1}^{2s+1})\end{matrix}\right\}.$$

На втором шаге эти точки подставляются в полиномы из множества $\mathrm{proj}^{n-3}(F)$, и аналогичная процедура повторяется. Таким образом, после выполнения $(n - 1)$-го шага мы получим множество пробных точек пространства R^n. Это и есть результат CAD-алгоритма.

Корректность рассмотренного CAD-алгоритма в рамках данной статьи не доказывается. Это доказательство можно найти, например, в [9].

Вернемся теперь к проверке условий 1 и 2.

Достаточным условием того, что полином не обращается в нуль в R^n, является то, что все входящие в его состав мономы $c_б x_1^{б_1} \ldots x_n^{б_n}$ имеют положительные коэффициенты $c_б$ и четные степени $б_i$ по каждой переменной x_i, а свободный член полинома не равен нулю. Если это условие не выполняется, то для проверки условия 1 используется CAD-алгоритм. С его помощью строится множество пробных точек для этого полинома; затем вычисляются значения исходного полинома в этих точках, и если ни в одной из этих точек полином не обращается в нуль, то можно заключить, что полином не обращается в нуль в R^n. Если же хотя бы в одной пробной точке значение полинома равно нулю, то условие 1 не выполнено.

Таким образом, алгоритм PolyNot0 выглядит следующим образом:

PolyNot0(Q, x)

Input: $Q = Q(x_1, \ldots, x_n)$ – полином, зависящий от n переменных;

$x = [x_1, \ldots, x_n]$ – список переменных;

Output: true, если полином Q не обращается в нуль в R^n, false – в противном случае;

if (все мономы полинома Q имеют положительные коэффициенты и четные степени
по каждой переменной) and (свободный член полинома Q равен нулю) then return (true) else

1) SamplePoints : = CAD($\{Q\}$, x) – множество пробных точек разбиения пространства R^n;

2) ValueQ – множество значений полинома Q в точках множества SamplePoints;

3) if 0 не содержится в множестве ValueQ then return (true) else return (false) end if

end if

end.

Достаточным условием квазиэллиптичности полинома является то, что все входящие в его состав мономы $c_б x_1^{б_1} \ldots x_n^{б_n}$ имеют положительные коэффициенты $c_б$ и четные степени $б_i$ по каждой переменной x_i. Если это условие не выполняется, то при помощи CAD-алгоритма нужно построить множество пробных точек для всех срезок этого полинома (не имеет значения, рассматривать эти полиномы вместе или по отдельности), исключить из этого множества точки, у которых хотя бы одно координата равна нулю (это будет соответствовать исключению координатных осей из R^n, так как в данном случае нас интересует только тор $(R \setminus \{0\})^n$), подставить оставшиеся точки в срезки исходного полинома и убедиться, что они не обращаются в нуль ни в одной точке из оставшихся точек. Алгоритм Quasielliptic выглядит таким образом:

Quasielliptic(Q, x)

Input: $Q = Q(x_1, \ldots, x_n)$ – полином, зависящий от n переменных;

$x = [x_1, \ldots, x_n]$ – список переменных;

Output: true, если полином Q квазиэллиптический, false – в противном случае;

if (все мономы полинома Q имеют положительные коэффициенты и четные степени

по каждой переменной) then return (true) else

1) Д(Q):=NewtonPolyhedron(Q,x) – многогранник Ньютона полинома Q (здесь нас будут интересовать все грани многогранника Ньютона, поэтому мы будем использовать процедуру FullConvexhull);

2) $F = \{f_1, \ldots, f_k\}$ – множество срезок, соответствующих граням многогранника Д(Q);

3) SamplePoints : = CAD($\{f_1, \ldots, f_k\}$,x) – множество пробных точек разбиения пространства R^n;

4) SamplePointsInTor – подмножество точек из SamplePoints, у которых ни одна координата не равна нулю;

5) ValueQ – множество значений полиномов множества F в точках множества SamplePoints;

6) if 0 не содержится в множестве ValueQ then return (true) else return (false) end if

end if

end.

Вычисление рациональной первообразной, не растущей на бесконечности. Алгоритм нахождения рациональной первообразной (Rational-Primitive), не растущей на бесконечности, основывается на методе неопределенных коэффициентов Остроградского и осуществляется в три этапа:

– определяются степени мономов, входящих в состав коэффициентов первообразной;

– выписываются полиномы с неопределенными коэффициентами и найденными степенями;

– решается уравнение на коэффициенты.

В качестве входных данных для этого алгоритма выступают полиномы $P(x)$, $Q(x)$ и список переменных x. Если исходная дифференциальная форма алгебраически точна и имеет не растущую на бесконечности рациональную первообразную, то алгоритм возвращает значение этой первообразной, если нет, то возвращается список из n нулей.

Рассмотрим теперь все этапы алгоритма более подробно.

Допустим, что дифференциальная форма $щ = \frac{P(x_1, \ldots, x_n)}{Q(x_1, \ldots, x_n)} dx_1 \ldots dx_n$ алгебраически точна и ц – ее рациональная первообразная, не растущая на бесконечности. Представим щ в виде $\tilde{щ} = \frac{\tilde{P}(x)}{\tilde{Q}^{2k}(x)} dx$ следующим образом: если найдется полином $\tilde{Q}(x)$ и натуральное число k, такие что $\tilde{Q}^{2k}(x) = Q(x)$, то тогда $\tilde{P}(x) = P(x)$; если найдется полином $\tilde{Q}(x)$ и натуральное число $k > 1$, такие что $\tilde{Q}^{2k}(x) = Q(x)$, то тогда $\tilde{P}(x) = P(x) \cdot \tilde{Q}(x)$; если таких $\tilde{Q}(x)$ и k не существует, то тогда $\tilde{Q}(x) = Q(x)$, $k = 1$, $\tilde{P}(x) = P(x) \cdot Q(x)$.

Рациональную первообразную ц будем искать в виде

$$\frac{1}{B(x)} \sum_{i=1}^{n} A_i(x) dx_1 \wedge \ldots [i] \ldots \wedge dx_n ,$$

где $x = (x_1, \ldots, x_n)$, A_i – некоторые полиномы; $B \equiv \tilde{Q}^{2k-1}$ – квазиэллиптический полином, не обращающийся в нуль на R^n.

Пусть Д = Д(B) – многогранник Ньютона. Очевидно, что многогранники Д(Q) и Д(B) гомотетичны. Таким образом, если Д(Q) удовлетворяет условию предположения 1, т. е. содержит по ребру на каждой координатной оси в R^n, то и Д(B) удовлетворяет этому условию. Веера нормалей, двойственные к Д(Q) и Д(B), совпадают. Пронумеруем векторы веера нормалей, двойственного Д(B) таким образом, чтобы $v^i = \left(0, \ldots, \underset{i}{1}, \ldots, 0\right) \in R^{n*}$, $i = 1, \ldots, n$.

Обозначим через $Д^0$ множество внутренних точек многогранника Д, а через Δ_k^0 – множество точек, лежащих в относительной внутренности $(n-1)$-мерной грани $\Delta_k = \Delta_k^{(n-1)}(B)$, двойственной вектору v^k.

В работе [10] доказывается теорема о том, что в предположении 1 для того чтобы дифференциальная форма ц не росла на бесконечности, ее коэффициенты должны иметь вид

$$A_i(x) = (-1)^i x_i \sum_{k=n+1}^{d} v_i^k A^k(x), \; I = 1, \ldots, n,$$

где A_i^0 и A^k – полиномы, многогранники Ньютона которых удовлетворяют условиям $\Delta\left(A_i^0\right) + I_i \subset \Delta^0 \cup \Delta_0^i$, $\Delta\left(A^k\right) + I \subset \Delta_k^0$, здесь $I = (1, \ldots, 1) \in R^n$, $I_i = \left(1, \ldots, \underset{i}{0}, \ldots 1\right) \in R^n$, а $v_1^k, \ldots, v_n^k$ – координаты вектора, двойственного грани $\Delta_k^{n-1}(B)$.

Исходя из этой теоремы, определим возможные степени полиномов $A_i(x)$, $I = 1, \ldots, n$, коэффициенты которых не определены. Затем эти полиномы подставляем в уравнение

$$\sum_{i=1}^{n} (-1)^{i-1} \left(B(x) \frac{\partial A_i(x)}{\partial x_i} - (2k-1) A_i(x) \frac{\partial B(x)}{\partial x_i} \right) - P(x) = 0$$

и решим уравнение на коэффициенты.

Если в результате решения этого уравнения все неопределенные коэффициенты получились равными нулю, то рациональной первообразной ц, не растущей на бесконечности, не существует,

и мы возвращаем список из n нулей; если же не все неопределенные коэффициенты равны нулю, то возвращается список коэффициентов первообразной.

Абсолютная сходимость интеграла. В [2] доказывается следующая теорема:

Теорема 2. Если Q – квазиэллиптический полином, не обращающийся в нуль на R^n, то интеграл (1) абсолютно сходится тогда и только тогда, когда $I+\Delta(P)\subset\Delta^0(Q)$, т. е. когда сдвиг многогранника Д(P) вдоль вектора $I=(1,\ldots,1)\in R^n$ лежит во внутренности Д^0(Q) многогранника Д(Q).

На ее основе составлен следующий алгоритм:

AbsoluteConvergence(Q, P, x)

Input: $P = P(x_1, \ldots, x_n)$ – полином, зависящий от n переменных, числитель подынтегральной формы интеграла (1);

$Q = Q(x_1,\ldots,x_n)$ – полином, зависящий от n переменных, – знаменатель подынтегральной формы интеграла (1);

$x = [x_1,\ldots, x_n]$ – список переменных;

Output: true, если интеграл (1) сходится абсолютно,

false – в противном случае;

1) Д(P) : = NewtonPolyhedron(P, x) (используется процедура Convexhull);

2) *verticesP* – список вершин многогранника Ньютона Д(P);

3) образовать список *verticesP_I*, сдвинув все вершины списка *verticesP* на вектор I (увеличить все координаты всех точек списка *verticesP* на 1);

4) Д(Q) : = NewtonPolyhedron(Q, x) (используется программа Convexhull); $\{\Delta_1^{n-1}(Q),\ldots,\Delta_d^{n-1}(Q)\}$ – гиперграни Д(Q);

5) $\{v_1, \ldots, v_d\}$: = NormalFan(Q, x) – веер нормалей, двойственный Д(Q);

6) для каждой точки $p\in$ *verticesP_I* и каждой гиперграни $\Delta_k^{n-1}(Q)$ вычислить скалярное произведение вектора, отпущенного из произвольной точки гиперграни $\Delta_k^{n-1}(Q)$ в точку p, и вектора v^k, $1\le k\le d$;

7) if (все скалярные произведения строго положительны) then return (true) else return(false) end if

end.

Простое разбиение веера нормалей. Рассмотрим алгоритм PrimitiveNormalFan, преобразующий веер нормалей в примитивный веер нормалей в результате простого подразбиения. На входе в алгоритм имеется множество конусов У, образующих веер, на выходе – множество примитивных конусов, организующих простое подразбиение веера У.

Алгоритм состоит из двух этапов.

На первом этапе исходное множество конусов У преобразуется во множество симплициальных конусов Σ' следующим образом: пусть $C_0=(v_0^1,\ldots,v_0^m)$ – не симплициальный конус, т. е. $m > n$, тогда находим вектор $v=\sum_{i=1}^{m}v^i$, минимизируем его (сокращаем все его координаты v^i на их наибольший общий делитель) и добавляем ко всем группам из (n –1) векторов множества $\{v_0^1,\ldots,v_0^m\}$, образующих конусы размерности (n – 1). Данная процедура применяется ко всем несимплициальным конусам множества У, начиная с конусов размерности 3 и заканчивая конусами размерности n. В результате мы получим множество симплициальных конусов Σ'. Заметим, что так как в пространстве R^2 все конусы симплициальны, то в случае интегрирования по пространству R^2 первый этап автоматически опускается.

На втором этапе, пока во множестве Σ' найдется конус $C_0=(v_0^1,\ldots,v_0^n)$, такой что матрица, составленная из векторов $v_0^1,\ldots,v_0^n$, не является унимодулярной, находим точку p с целыми координатами, лежащую внутри параллелепипеда (или на его гранях, но не совпадающую ни с одной его вершиной), построенного на векторах $v_0^1,\ldots,v_0^n$; затем проводим из начала координат в точку p вектор v. Далее конструируем множество конусов $C'=\{C_i\}$, где $C_i = (v^1, \ldots, v^{i-1}, v, v^{i+1}, \ldots, v^n)$, $i = 1, \ldots, n$; исключаем из множества C' конусы, размерность которых меньше размерности пространства; в заключение добавляем оставшиеся в C' конусы к множеству Σ', а конус C_0 из этого множества исключаем. В результате повторения такой процедуры получим множество примитивных конусов, которые и образуют примитивный веер.

Рассмотренный алгоритм корректен, если исходить из простых геометрических соображений.

Компьютерная реализация и примеры вычислений

Пакеты quasielliptic2 и quasielliptic3 на языке системы Maple разработаны для понижения кратности интегралов вида (1), удовлетворяющих условиям теоремы 1, по пространствам R^2 и R^3 соответственно. В них реализованы все алгоритмы, рассмотренные выше (за исключением алгоритма Моцкина–Бургера и алгоритма построения выпуклой оболочки, реализованногох П. А. Буровским [7]) в виде одноименных процедур. Все эти процедуры могут вызываться пользователем непосредственно, так как они имеют самостоятельную ценность и могут быть полезны при решении других задач.

Основной алгоритм реализован в процедуре QuasiellipticIntegration. Для ее вызова необходимо ввести следующие входные данные:

– P – полином с рациональными коэффициентами, зависящий от двух или трех переменных, – числитель коэффициента подынтегральной формы;

– Q – полином с рациональными коэффициентами, зависящий от двух или трех переменных, – знаменатель коэффициента подынтегральной формы, причем если существует полином с рациональными коэффициентами Q' и натуральное число d, такие что $Q = Q'^d$, то вместо полинома Q в качестве исходных данных можно ввести пару $[Q', d]$;

– var – список переменных, от которых зависят полиномы P и Q.

Если регулярная рациональная первообразная для подынтегральной дифференциальной формы заранее известна, то список ее коэффициентов можно ввести четвертым аргументом для ускорения работы программы.

Если исходный интеграл не удовлетворяет какому-либо из условий теоремы 1 или условию предположения 1, то выдается сообщение об ошибке и информация о том, какое из условий нарушено. Если все условия для исходного интеграла выполнены, то результатом работы процедуры для случая двух переменных является значение исходного интеграла. Для случая интегрирования по пространству R^3 основной результат работы процедуры – интеграл кратности 2. Если этот интеграл вычисляется до конца стандартными средствами Maple 9, то выдается его значение; если же он до конца не вычисляется, но сводится к одномерному интегралу, то выдается именно этот интеграл. Если стандартными средствами Maple 9 двумерный интеграл не упрощается, но имеет вид (1) и удовлетворяет условиям теоремы 1, то к нему можно применить процедуру QuasiellipticIntegration, но уже из пакета quasielliptic2, и вычислить этот интервал до конца.

Рассмотрим примеры работы этой процедуры. Все вычисления производились в среде Maple 9 на компьютере на базе Athlon XP 1700+, 512 Mb RAM.

Сначала приведем примеры вычисления интегралов по пространству R^2. Нам потребуется пакет quasielliptic2. Загрузим его следующим образом:

> read (quasielliptic2):

Пример 1. Вычислим интеграл

$$\int_{R^2} \frac{x^2 + 4x^2y^2 + 4x^4y^4 + x^4y^6 + x^6y^4 + y^2}{\left(1 + x^2 + x^2y^4 + x^4y^4 + x^4y^2 + y^2\right)} dxdy .$$

Введем входные данные:

> P1 : = x^2+4*x^2*y^2+4*x^4*y^4+ x^4*y^6+ +x^6*y^4+y^2;

$P1 : = x^2 + 4x^2y^2 + 4x^4y^4 + x^4y^6 + x^6y^4 + y^2$

> Q1 : = (1+x^2+x^2*y^4+x^4*y^4+ x^4*y^2+ +y^2)^2;

$Q1 : = (1 + x^2 + x^2y^4 + x^4y^4 + x^4y^2 + y^2)^2$

> var : = [x, y];

var : = $[x, y]$

Вызовем процедуру QuasiellipticIntegration:

> t : = time():

QuasiellipticIntegration (P1, Q1, var);

TimeOfCalculation : = time() – t;

2p

TimeOfCalculation: = 0.100

Пример 2. Вычисляем интеграл

$$\int_{R^2} \frac{x^2 - y^2 - 2x^4y^4 + 2x^6y^6}{\left(1 + x^2 + y^2 + x^4y^2 + x^4y^6\right)^2} dxdy .$$

Введем входные данные:

> P2 : = x^2-y^2-2*x^4*y^4+2*x^6*y^6;

$P2 : = x^2 - y^2 - 2x^4y^4 + 2x^6y^6$

> Q2 : = (1+x^2+y^2+x^4*y^2+x^4*y^6)^2;

$Q2 : = (1 + x^2 + y^2 + x^4y^2 + x^4y^6)^2$

Вызовем процедуру QuasiellipticIntegration:

> t : = time():

QuasiellipticIntegration (P2, Q2, var);

TimeOfCalculation : = time() – t;

$\mathrm{p} - \frac{1}{2}\mathrm{p}\sqrt{2}$

TimeOfCalculation: = 0.091

Пример 3. Вычислим интеграл

$$\int_{R^2} \frac{yx}{\left(1 + x^3 + 2x^2y^2 + 3xy^4 + y^6\right)^3} dxdy .$$

Введем входные данные:

> P3 : = y*x;

$P3 : = yx$

> Q3 : = (1+x^3+2*x^2*y^2+3*x*y^4+y^6)^3;

$Q3: = (1 + x^3 + 2x^2y^2 + 3xy^4 + y^6)^3$

Вызовем процедуру QuasiellipticIntegration:

> t : = time():

QuasiellipticIntegration (P3, Q3, var);

TimeOfCalculation : = time() – t;

Error, (in QuasiellipticIntegration) differential form denominator is not quasielliptic polynomial

TimeOfCalculation: = 0.080

Процедура возвращает сообщение о том, что знаменатель подынтегральной дифференциальной формы не является квазиэллиптическим полиномом. Это действительно так, поскольку в точке (–1, –1) полином Q3 обращается в нуль.

Рассмотрим примеры работы процедуры QuasiellipticIntegration для случая трех переменных. Загрузим пакет quasielliptic3:

> read (quasielliptic3):

Пример 4. Вычислим интеграл

$$\int_{R^3} \frac{4x_3^2 + 3x_1^2x_3^2 + 3x_2^2x_3^3}{\left(1 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^4 + x_1^4x_3^2 + x_2^4x_3^2\right)^2} dx_1dx_2dx_3 .$$

Введем входные данные:

> P1 : = 4*x3^2+3*x1^2*x3^2+3*x2^2*x3^2;

$P1: = 4x3^2 + 3x1^2x3^2 + 3\,x2^2x3^2$

> Q1 : = (1+x1^2+x2^2+x3^4+x1^4*x3^2+
+x2^4*x3^2)^2

$$Q1 := (1 + x1^2 + x2^2 + x3^4 + x1^4x3^2 + x2^4x3^2)^2$$

> var : = [x1, x2, x3];

$$var := [x1, x2, x3]$$

Вызовем процедуру QuasiellipticIntegration:

> t := time():

QuasiellipticIntegration (P1, Q1, var);

TimeOfCalculation : = time() – t;

$$-\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} -\frac{1}{1+y2^2+y1^4}dy2dy1 = \frac{1}{2}\pi B\left(\frac{1}{4},\frac{1}{4}\right)$$

$$TimeOfCalculation := 11.236$$

Пример 5. Вычислим интеграл

$$\int_{R^3} \frac{1+x_4^3}{\left(1+x_1^2+x_2^2+x_3^4+x_1^2x_3^2+x_2^2x_3^2\right)^2} dx_1dx_2dx_3 .$$

Введем входные данные:

> P2 : = 1+x3^4;

$$P2 := 1 + x3^4$$

> Q2 : = (1+x1^2+x2^2+x3^4+x1^2*x3^2+
+x2^2*x3^2)^2;

$$Q2 := (1 + x1^2 + x2^2 + x3^4 + x1^2x3^2 + x2^2x3^2)^2$$

Вызовем процедуру QuasiellipticIntegration:

> t : = time():

QuasiellipticIntegration (P2, Q2, var);

TimeOfCalculation : = time() – t;

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{1+y2^2+y1^2+y2^2y1^2}dy2dy1 =$$

$$= \mathrm{p}^2 - \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} -\frac{1}{1+y2^2+y1^2+y2^2y1^2}dy2dy1 = \mathrm{p}^2$$

$$TimeOfCalculation := 5.338$$

Таким образом алгоритмы, представленные в данной статье, позволяют понижать кратность интегралов рациональных функций со знаменателем специального вида, а в некоторых случаях точно вычислять такие интегралы. Это существенным образом расширяет класс вычисленных интегралов, что может быть полезно при решении различных математических и физических задач. Все представленные выше алгоритмы реализованы автором в системе компьютерной алгебры Maple 9 для двумерного и трехмерного случая. Приведенные примеры вычисленных интегралов могут использоваться в качестве тестовых для сравнения различных методов приближенного интегрирования.

Библиографический список

1. Фам, Ф. Введение в топологические исследования особенностей Ландау / Ф. Фам. М. : Мир, 1967. 184 с.
2. Хуа, Р. Гомологии и феймановские интегралы / Р. Хуа, В. Теплиц. М. : Мир, 1969. 223 с.
3. Сергеев, А. Г. Теория твисторов и классические калибровочные поля / А. Г. Сергеев. // Монополи: Топологические и вариационные методы : сб. ст. (1983–1989). М. : Мир, 1989. С. 492–555.
4. Цих, А. К. Интегралы рациональных функций по пространству R^n / А. К. Цих // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 6. С. 1325–1329.
5. Ермолаева, Т. О. Интегрирование рациональных функций по R^n с помощью торических компактификаций и многомерных вычетов / Т. О. Ермолаева, А. К. Цих // Мат. сб. 1996. № 9. С. 45–64.
6. Черников, С. Н. Линейные неравенства / С. Н. Черников. М. : Наука, 1968. 488 с.
7. Буровский, П. А. Алгоритм Моцкина–Бургера и вычисление выпуклых оболочек точек n-мерного пространства / П. А. Буровский // Вестн. краснояр. гос. ун-та. 2005. № 1. С. 85–92. (Серия «Физико-математические науки»).
8. Jistrand, M. Cylindrical Algebraic Decomposition – an Introduction : technical rep. / M. Jistrand ; Lincцping Univ. Lincцping, Sweden, 1995. 38 p.
9. Mishra, B. Algorithmic Algebra. Texts and Monographs in Computer Science / B. Mishra. Berlin : Springer-Verlag, 1991. 416 c.
10. Кочеткова, Т. О. Вычисление интегралов некоторых рациональных функций с помощью торических компактификаций : дис. … канд. физ.-мат. наук / Т. О. Кочеткова. Красноярск, 1998. 74 с.

M. V. Burachenko

ALGORITHM OF INTEGRAL MULTIPLICITY REDUCING FOR RATIONAL ALGEBRAICALLY EXACT DIFFERENTIAL FORM WITH QUASIELLIPTIC DENOMINATOR

It is considered a method of integral multiplicity reducing for rational algebraically exact differential from with quasielliptic denominator. It is described the algorithm and presented its implementation in the algebraic computer system Maple 9.

УДК 669.243.33:541.118

П. С. Бычков, О. А. Власов

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ОКСИДОВ МЕДИ ПРИ СУЛЬФИДИРОВАНИИ

Рассмотрено взаимодействие двух оксидов меди(CuO и Cu_2O) с серой, причем первый оксид меди получен из второго при нагреве до различных температур и последующей закалке. Показано, что при сульфидировании образуется ряд нестехиометрических сульфидов, нестехиометрия которых зависит от количества серы.

Сульфидирование применяют как в области низких температур: при флотационном обогащении руд, автоклавно-сернокислотном выщелачивании и др., так и в области высоких температур во многих пирометаллургических переделах для компенсации недостатка серы в получаемых продуктах. Однако процессы сульфидирования изучены недостаточно, а результаты проведенных исследований не обобщены и не систематизированы.

Вовлечение в переработку все большего количества бедных труднообогатимых руд цветных металлов и руд с низким содержанием серы повлекло за собой снижение их выхода в концентраты металлов при обогащении. Для решения этой проблемы используют комбинированные методы переработки, включающие гидрометаллургию и флотацию. Одной из трудностей, возникающих при флотации руд, содержащих оксидные и смешанные компоненты, является высокий расход реагентов и низкий выход цветных металлов в концентраты и наиболее перспективным способом подготовки оксидных и смешанных руд к флотации является перевод окисленных минералов в сульфидную форму – сульфидирование. При сульфидировании оксидов цветных металлов часто предлагается использовать серу и другие серосодержащие продукты.

Рассмотрим тепловое сульфидирование оксидов меди серой, которые содержатся в окисленных и смешанных полиметаллических рудах.

Зачастую металлургическое сырье, например оксидные руды, содержат один тот же металл, имеющий различную валентность, например CuO, Cu_2O, Cu и поэтому представляет интерес изучение взаимодействия смеси оксидов меди различного фазового состава с серой для определения области температур их сульфидирования.

Исследования были проведены на дериватографе Q-1500D в атмосфере аргона в платиновых тиглях с применением плотно закрывающейся крышки. Для анализа продуктов взаимодействия оксидов меди с серой применяли рентгеновский дифрактометр Shimadzu SRD-6000.

Для опытов использовали оксиды меди и серу марки ч. д. а. фракцией +80…70 мкм. Во всех опытах навеска серы была одинакова – 144 мг. Отжиг оксида меди проводили в течение $7{,}2\cdot10^3$ с (2 ч) в интервале температур 423…1 323 К с последующей закалкой в воде. Расчет количества оксида меди и серы выполняли по уравнению

$$4Cu_2O + 3S_2 = 4Cu_2S + 2SO_2 \qquad (1)$$

По дериватограмме реакции взаимодействия оксида меди с серой (рис. 1) можно опрделить, что взаимодействие, связанное с видимым изменением массы, начинается при температуре 488 К. На выделение большого количества тепла указывает экзотермический пик на кривой дифференциального термического анализа (ДТА) дериватограммы, максимум которого соответствует температуре 505 К. Реакция протекает очень быстро: ориентировочные расчеты показывают, что время ее прохождения составляет примерно 30…40 с. В реакции выделяется сернистый ангидрид. Его количество, рассчитанное по изменению массы на дериватограмме, доказывает, что реакция прошла практически полностью. Это подтверждается и результатами рентгенофазового анализа продуктов взаимодействия.

В результате исследований было установлено, что при повышении температуры отжига оксида меди скорость взаимодействия уменьшилась по сравнению с исходным оксидом меди, а температура начала реакции увеличилась (см. таблицу). Характер термогравиметрических кривых изменился: появился перегиб на кривых, при температуре отжига оксида меди 1 123 К вторая часть кривых стала преобладающей (см. рис. 1). При дальнейшем повышении температура отжига существенных изменений в характере термогравиметрических кривых не наблюдалось, т. е. температуры начала реакций и максимумы экзотермических пиков практически не изменялись.

Анализ результатов опытов по сульфидированию оксидов меди серой (см. таблицу) дериватограмм по взаимодействию оксидов меди с серой (см. рис. 1) показывает, что реакции отожженных оксидов меди с серой идут в два этапа: первый – это взаимодействие оксида Cu_2O (куприте) с серой, второй – взаимодействие оксида CuO, полученного из Cu_2O в результате отжига, с серой.

Анализ продуктов сульфидирования проводили на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-6000 с использованием рентгеновской трубки с медным анодом. Напряжение на трубке – 60 кВ, ток трубки – 18 мА.

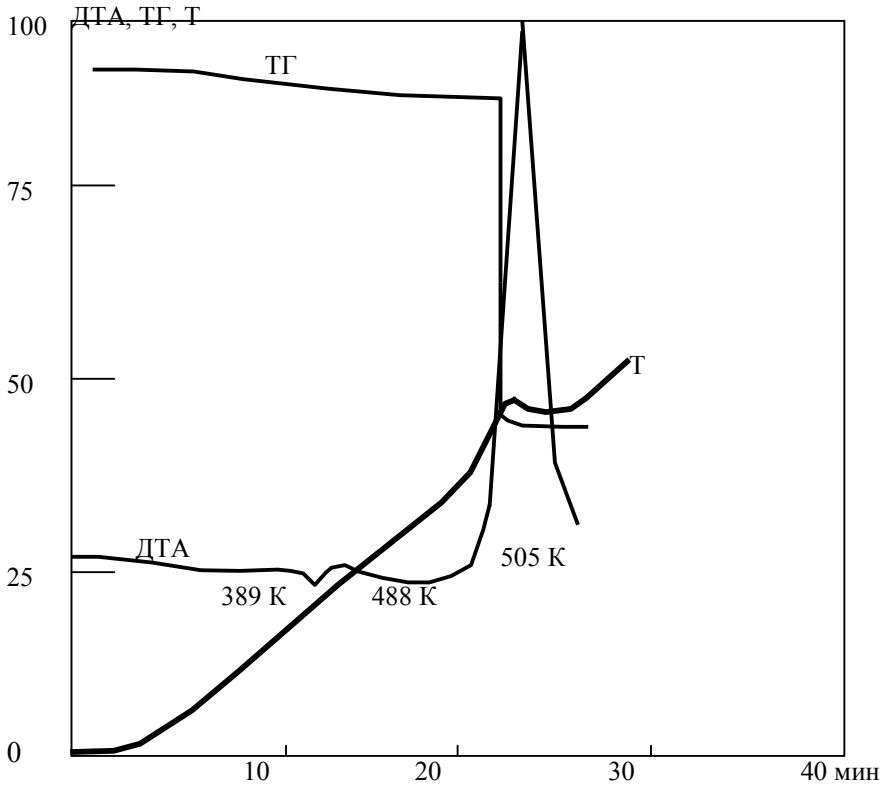


Рис. 1. Дериватограмма реакции взаимодействия оксида меди с серой

Таблица 1

Результаты исследований по сульфидированию оксидов меди серой при различных температурах отжига оксида меди от 423 до 1 323 К

T (отжига), К	*T* начала пика ДТА, К	*T* максимума пика ДТА, К	Практическое уменьшение массы, мг	Расчетное уменьшение массы в реакции, мг
Исходная	488	505	91	86
423	500	520	94	90
523	515	578	107	104
623	520	582	122	110
723	523	583	128	115
823	524	580	130	114
923	523	579	131	113
1023	533	583	133	113
1123	533	589	136	114
1223	533	589	136	114
1323	533	588	142	115

Результаты дифрактограммы необожженного оксида меди (рис. 2) показали, что основной фазой является куприт Cu_2O (87,8 %). Кроме данного оксида, в образце присутствует оксид меди CuO (9,69 %) и медь (2,46 %).

Соединение Cu_2O нестабильно[1] и при температурах ниже 648 К распадается по реакции

$$Cu_2O \rightarrow Cu + CuO \qquad (2)$$

однако скорость этого превращения очень мала. По данным работы [2], куприт Cu_2O стабилен лишь до 293 К. Таким образом, присутствие CuO и Cu в исходном образце связано с прохождением реакции диспропорционирования (2).

Оксидные продукты при сульфидировании находятся в зоне повышенных температур, поэтому при подсосе воздуха в зону реакции возможно изменение фазового состава продуктов реакции. Для проверки данного предположения отжиг оксида меди проводили при различных температурах с последующей закалкой в воде для фиксирования высокотемпературного состояния. Отжиг осуществляли, начиная с 423 К, через каждые сто градусов до 1 323 К.

При отжиге оксида меди при 523 К происходили количественные изменения в фазовом составе, содержание оксида меди CuO увеличилось до 13,8 %, содержание куприта Cu_2O уменьшилось до 83,7 %, так же как и процентное содержание меди, что связано с ее окислением кислородом воздуха.

Расшифровка фазового состава оксида меди, отожженного при 723 К, показала дальнейшее уменьшение содержания куприта Cu_2O до 75,9 % и увеличение содержания оксида меди CuO до 22,6 % с уменьшением содержания меди до 1,41 %.

При увеличении температуры отжига до 923 К фазовый состав опять изменился. Произошло резкое увеличение содержания оксида меди CuO до 77,1 %, уменьшение содержания оксида меди Cu_2O до 21,8 % и уменьшение содержания кристаллической меди до 0,34 %.

Дифрактограмма оксида меди, отожженного при 1 123 К, показала, что куприт Cu_2O и Cu полностью перешли в оксид меди CuO.

Анализ дифрактограмм также показал, что с увеличением температуры отжига возросло содержание CuO в образцах оксидов меди, а отжиг оксида меди при 1 123 К в течение $7{,}2 \cdot 10^3$ с привел к тому, что вся медь находится в форме CuO. Дальнейшее увеличение температуры отжига не изменило фазового состава.

Рентгенофазовый анализ продуктов реакции взаимодействия оксидов меди с серой (рис. 3) выявил наличие во всех опытах нестехиометрических сульфидов меди:

$Cu_{1,75}S$ (45,4 %), $Cu_{1,96}S$ (17,5 %), $Cu_{1,97}S$ (27,4 %), CuS (6,66 %). Небольшое присутствие куприта Cu_2O (1,12 %) и оксид меди CuO (1,05 %) объясняется образованием нестехиометрических сульфидов меди, на образование которых затрачивается бо́льшое количество серы, чем на образование стехиометрического сульфида.

Дифрактограмма продуктов сульфидирования отожженного при 1 123 К оксида меди с серой (рис. 4) показала, что сульфидирование проходит полностью, но за счет недостатка серы в продуктах реакции обнаружены оксиды меди, так как для сульфидирования CuO требуется бо́льшее количество серы, чем по реакции (1).

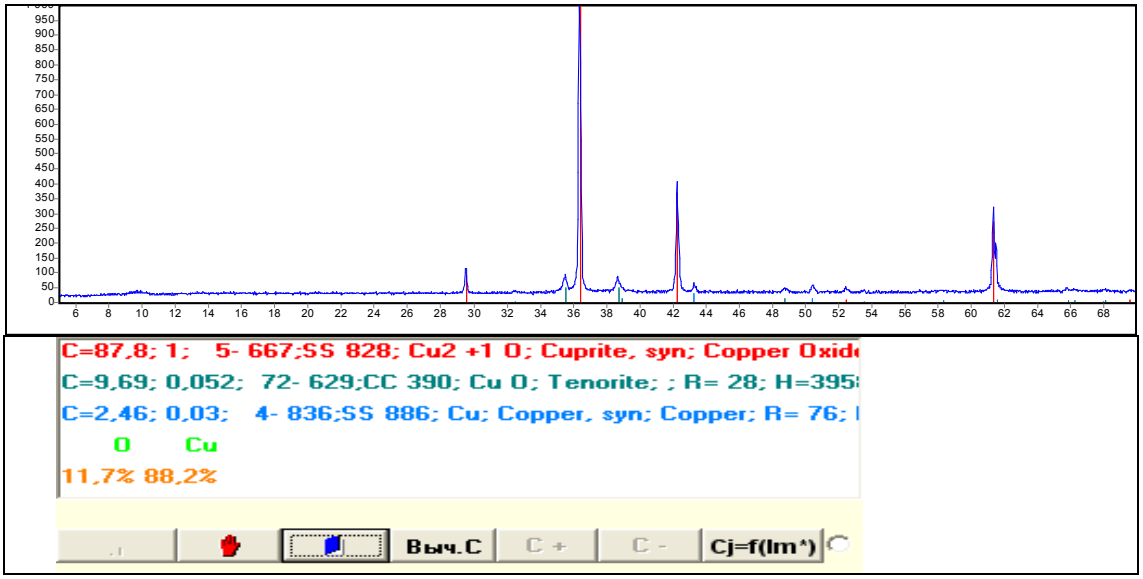


Рис. 2. Дифрактограмма необожженного оксида меди

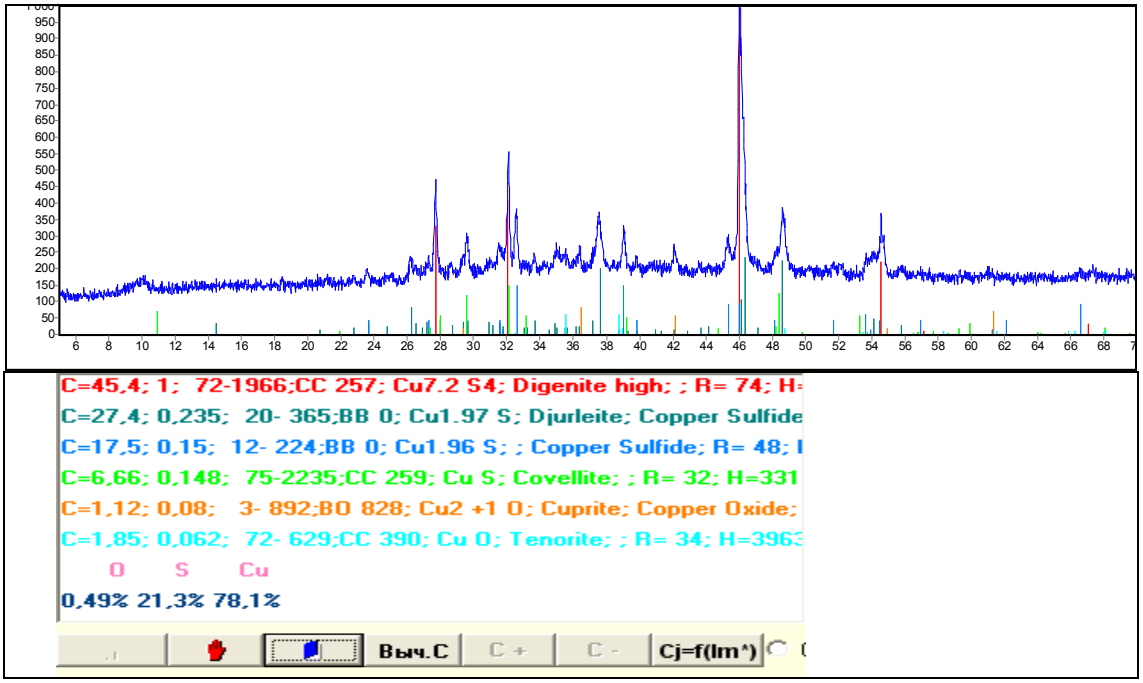


Рис. 3. Дифрактограмма продуктов процесса сульфидирования оксидов меди серой

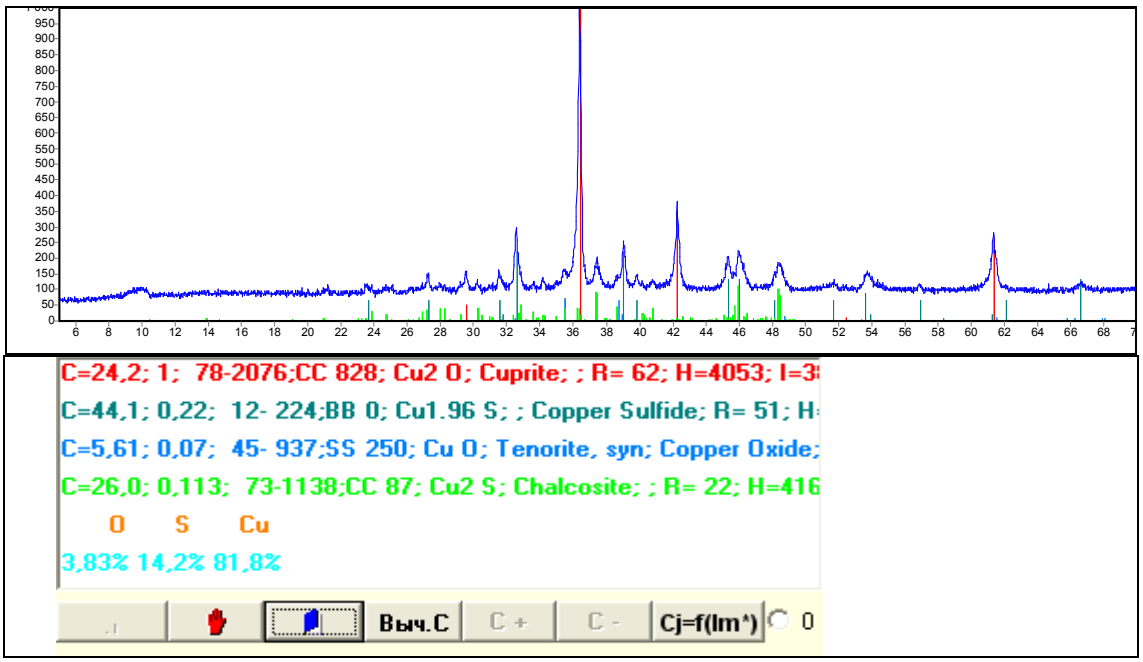


Рис. 4. Дифрактограмма продуктов процесса сульфидирования оксида меди, отожженного при 1 123 К, с серой

Таким образом, при наличии в продуктах нескольких оксидов, содержащих медь, схема процесса сульфидирования может быть записана в виде

$$(Cu_2O + CuO + Cu) + S_2 \rightarrow (Cu_2S + Cu_{1,97}S + Cu_{1,96}S + Cu_{1,8}S + CuS) + SO_2 \quad (3)$$

Количество добавляемой серы в начальном продукте должно изменяться в зависимости от процентного содержания в нем различных оксидов меди. Кроме того, необходимо учитывать изменение фазового состава в процессе нагрева.

В продуктах сульфидирования образца оксида меди, отожженного при 1 123 К, содержание Cu_2O составляет 24,2 %, а содержание CuO – 5,61 %. Это доказывает поэтапность прохождения реакции сульфидирования оксида CuO. На первом этапе сера захватывает один ион кислорода, превращая оксид Cu_2O в CuO, а на втором этапе за счет замещения иона кислорода ионом серы оксид меди CuO становится сульфидом.

Библиографический список

1. Хансен, М. Структуры двойных сплавов / М. Хансен, К. Андерко. М. : Металлургиздат, 1962. Т. 2. С. 647–650.

2. Шанк, Ф. Структуры двойных сплавов / Ф. Шанк. М. : Металлургия, 1973. С. 312–313.

P. S. Bychkov, O. A. Vlasov

CHANGING OF COPPER OXIDES PHASE STRUCTURE AT SULFUR INTRODUCTION

Interaction of two copper oxides (CuO and Cu_2O) with sulfur is considered. The first copper oxide is received from the second one at heating to various temperatures and the following subsequent training. It is shown that at sulfur introduction a number of nonstoichiometric sulfides is formed and their nonstoichiometry depends on of the entered.

УДК 622.2.063.013:622.765

С. Б. Васильев

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА, ЗАВИСЯЩЕЙ ОТ МАССЫ, ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСРЕДНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Предложена новая функция качества горной продукции, зависящая от ее массы, а не от времени, и позволяющая строить более удобные математические модели усреднительных систем. С ее помощью построена новая математическая модель известного в литературе усреднительного штабеля, проведен более глубокий анализ процесса усреднения, даны рекомендации по подбору параметров штабеля, сделаны другие практические выводы.

Одним из важных показателей качества горной продукции является постоянство ее характеристик, требуемый уровень которого достигается усреднением продукции в специальных системах. Теоретические экспериментальные исследования усреднительной системы осуществляют с помощью функции качества, в роли которой выступает какая-либо характеристика горной продукции, важная с практической точки зрения.

Об эффективности усреднительной системы судят по изменению функции качества в результате усреднения горной продукции. Одним из распространенных количественных показателей степени усреднения является его коэффициент

$$o = \frac{y_{вх}}{y_{вых}} \qquad (1)$$

где $y_{вх}$ и $y_{вых}$ – средние квадратические отклонения функции качества на входе в систему и выходе из нее [1]. Коэффициент о показывает, во сколько раз уменьшилась средняя амплитуда колебаний функции качества. Несмотря на важность такой характеристики усреднения, она не является полной, так как нельзя в одном числе охватить все изменения, происшедшие с функцией. Для полного анализа всех изменений функции качества применяют функцию корреляции, ее спектр, а также спектр самой функции качества. В данной статье автор использует спектр функции качества.

Функция качества непосредственно связана с горной продукцией, поэтому аргументом этой функции должна быть физическая величина, которой измеряют горную продукцию. Как правило, такой величиной является масса, поэтому она является естественным аргументом функции качества. Однако во всех исследованиях применяется функция качества, зависящая от времени, но это не совсем удобно.

Использование функции качества, зависящей от времени, требует измерения горной продукции в единицах времени. Это можно осуществить при прохождении продукции в потоке через некоторую точку пространства, в которой измеряется функция качества. В этом случае необходима дополнительная информация о производительности потока, поскольку функция качества, зависящая от времени, без данных о производительности потока содержит не всю информацию о качестве продукции. Поясним это на примере.

Пусть два потока горной продукции имеют одинаковые функции качества, однако производительность первого во много раз больше производительности второго. Если колебания функции качества выходят за допустимые пределы, то в первом случае потребуются специальные мероприятия по усреднению продукции, а во втором случае с усреднением справится другое оборудование, осуществляющее дробление горной продукции, ее перегрузку и т. п. и имеющее сравнительно небольшие размеры рабочих емкостей. Следовательно, знания зависящей только от времени функции качества недостаточно для принятия правильных мер по усреднению.

В математическую модель усреднительной системы, построенную с помощью зависящей от времени функции качества, всегда входит производительность потока горной продукции. Однако эта информация не связана с усреднительной системой, и ее попадание в модель говорит о несовершенстве этой модели.

Функция качества, зависящая от массы, не имеет перечисленных недостатков. Она содержит полную информацию о показателе качества горной продукции. Модели усреднительных систем, построенные с ее помощью, зависят только от параметров этих систем, компактны, информативны и удобны для анализа.

Рассмотрим применение зависящей от массы функции качества на примере построения математической модели усреднительного штабеля. Исследованию усреднительных штабелей и сходных с ними систем бункерного усреднения посвящено много исследований (см., например, [2–5]), поэтому есть возможность сравнить представленную ниже модель с известными. Однако для большей убедительности рассмотрим такой усреднительный штабель, исследование которого нельзя считать исчерпывающим.

Речь идет о самом простом усреднительном штабеле, параллельные слои которого формируются в одном направлении. Такая же схема усреднения реализуется в многоячейковом бункере с поочередной вертикальной загрузкой ячеек и их одновременной нижней разгрузкой на общий

конвейер, где и происходит смешивание (рис. 1). В работах [2; 3], где данная схема рассматривается, исследование заканчивается формулой дисперсии функции качества усредненной продукции. Это позволяет оценить степень усреднения с помощью формулы (1) или подобных ей. Однако при этом отсутствует амплитудно частотная характеристика усреднения и подробный анализ функции качества на выходе из системы, в то время как для других систем усреднения это проделано. Восполним этот пробел, применяя функцию качества, зависящую от массы (рис. 1).

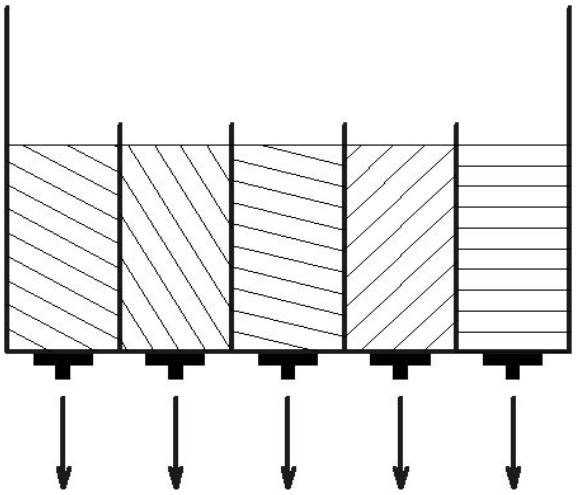


Рис. 1

Обозначим через $K_1(m)$ и $K_2(m)$ функции качества до и после усреднения соответственно, где m – масса горной продукции. Пусть M – масса штабеля, а массы слоев штабеля одинаковы и равны M_0. Тогда число слоев $n = M/M_0$. В соответствии со схемой усреднения функция качества $K_2(m)$ задана формулой

$$K_2(m) = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} K_1\left(\frac{m}{n} + iM_0\right),\ 0 \le m \le M\ . \quad (2)$$

Запишем преобразование Фурье (спектр) исходной функции качества в виде

$$F(K_1(m)) = F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} K_1(m) e^{-2\pi j\omega m} dm\ , \quad (3)$$

где j – мнимая единица. Функция $K_1(m)$ восстанавливается с помощью обратного преобразования Фурье:

$$K_1(m) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_1\{\omega) e^{2\pi j\omega m} d\omega\ . \quad (4)$$

Аналогично получим, что $F(K_2(m)) = F_2(щ)$ – прямое преобразование Фурье функции $K_2(m)$, а

$$K_2(m) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_2\{\omega) e^{2\pi j\omega m} d\omega \quad (5)$$

– обратное преобразование Фурье этой функции. Подставим (4) в (2):

$$K_2(m) = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\int_{-\infty}^{+\infty} F_1(\omega) e^{2\pi j\omega(\frac{m}{n}+iM_0)} d\omega,$$

после преобразований получим

$$K_2(m) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_1(\omega)\alpha(\omega) e^{2\pi j\omega\frac{m}{n}} d\omega, \quad (6)$$

$$\alpha(\omega) = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} e^{2\pi j\omega M_0 i}\ . \quad (7)$$

Подстановка x = щ/n позволит записать формулу (6) в виде

$$K_2(m) = \int_{-\infty}^{+\infty} nF_1(nx)\alpha(nx) e^{2\pi jxm} dx\ . \quad (8)$$

Сравнивая (8) и (5) и учитывая, что обозначение переменной интегрирования не влияет на результат, представим связь между спектрами функции качества до и после усреднения в виде

$$F_2(\omega) = nF_1(n\omega)\alpha(n\omega). \quad (9)$$

Связь (9) не является простой, и теперь понятно, почему амплитудно-частотная характеристика усреднения еще не получена. Однако эта связь вполне поддается анализу.

Пусть

$$F_0(\omega) = F_1(\omega)\alpha(\omega) \quad (10)$$

есть спектр некоторой функции $K_0(m)$. Тогда, пользуясь свойствами спектра, по формуле (9) получим

$$F_2(\omega) = nF_0(n\omega) = F(K_0(\frac{m}{n}))\ . \quad (11)$$

По уравнению (11) следует $K_2(m) = K_0(m/n)$, т. е. $K_2(m)$ является растянутой в n раз функцией $K_0(m)$, и поэтому дисперсии этих функций равны.

Итак, спектр F_1(щ) переходит в спектр F_2(щ) в результате двух операций: умножения (10) на функцию б(щ) и сжатия (11) полученного произведения в n раз. При этом уменьшение колебаний функции качества происходит только в результате первой из них. Сжатие не меняет размаха колебаний, однако оно тоже играет важную роль, о которой будет сказано ниже.

Исследуя уменьшение колебаний качества найдем более удобную формулу для функции б(щ). Умножение формулы (7) на exp(2рjщM_0) дает

$$\alpha(\omega) e^{2\pi j\omega M_0} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} e^{2\pi j\omega M_0 i}. \quad (12)$$

По формулам (7) и (12) находим

$$\alpha(\omega) e^{2\pi j\omega M_0} - \alpha(\omega) = \frac{1}{n}(e^{2\pi jnM_0} - 1),$$

откуда, с учетом $nM_0 = M$ выразим б(щ):

$$\alpha(\omega) = e^{\pi j\omega(M-M_0)}\frac{\sin(\pi\omega M)}{n\cdot\sin(\pi\omega M_0)}.$$

Тогда

$$|\alpha(\omega)| = \frac{|\sin(\pi\omega M)|}{n \cdot |\sin(\pi\omega M_0|}. \quad (13)$$

На основании формул (10) и (13) получим связь между амплитудными спектрами:

$$|F_0(\omega)| = \frac{|\sin(\pi\omega M)|}{n \cdot |\sin(\pi\omega M_0|} \cdot |F_1(\omega)|. \quad (14)$$

Функция (13) практически совпадает с известной амплитудно-частотной характеристикой другой усреднительной системы – многоячейкового бункера, размеры n ячеек которого зависят от номера ячейки V_i = Дi, i = 1, 2, …, n, загрузка производится тонкими горизонтал ьными слоями, а разгрузка – одновременно из всех ячеек на общий конвейер [2; 5]. Отличие заключается только в константах: амплитудно-частотная характеристика в [2] зависит от объема Д первой ячейки, объема всего усреднительного бункера и производительности потока горной продукции, а функция (13) – только от M и M_0. Совпадение функций говорит об одном усреднительном механизме сравниваемых систем, однако различие в константах является принципиальным: функция (13) зависит только от параметров усреднительной системы, а амплитудно-частотная характеристика в [2] – еще и от производительности потока.

Функция (13) имеет период $1/M_0$, поэтому достаточно рассмотреть ее на отрезке $0 \le$ щ $\le 1/M_0$. Она равна 1 при щ = 0 и щ = $1/M_0$, а во внутренних точках рассматриваемого отрезка справедливы неравенства |б(щ) |< 1 и |sin (рщM_0)| > 0. Следовательно, на интервале 0 < щ < $1/M_0$ функцию |б(щ)| можно рассматривать как периодическую функцию |sin (рщM)|, умноженную на свою огибающую в(щ) = 1/(n|sin(рщM)|). Огибающая в(щ) имеет наименьшее значение $1/n$ в середине интервала, медленно растет к его границам и только вблизи этих границ растет круто. Кроме того, функция |sin(рщM)| принимает нулевые значения в точках щ = $1/M$, $2/M$, …, $(n-1)/M = 1/M_0 - 1/M$.

График функции |б(щ)| при n = 10 (рис. 2) показывает, что интенсивное уменьшение амплитуды колебаний происходит на отрезке частот $1/M \le$ щ $\le 1/M_0 - 1/M$, а с учетом периодичности функции |б(щ)| – на отрезках

$$\frac{r}{M_0} + \frac{1}{M} \le \omega \le \frac{r+1}{M_0} - \frac{1}{M}, \quad r = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots. \quad (15)$$

На остальных частотах

$$\left|\omega - \frac{r}{M_0}\right| \le \frac{1}{M}, \quad r = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \quad (16)$$

происходит лишь незначительное уменьшение амплитуды и энергии колебаний.

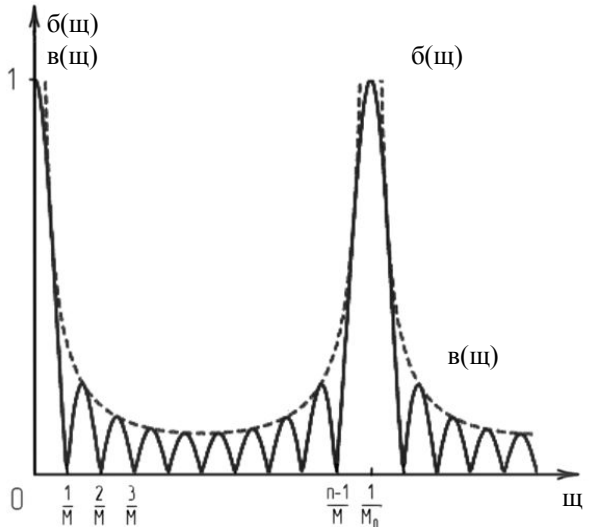


Рис. 2

Энергию колебаний можно определить в частотной области как интеграл от энергетического спектра [6]. Тогда по формулам (13), (14) следует

$$D(K_2) = D(K_0) = \frac{1}{M}\int_{-\infty}^{+\infty} |\alpha(\omega)|^2 \cdot |F_1(\omega)|^2 d\omega, \quad (17)$$

где $D(K)$ – дисперсия функции $K(m)$. Поэтому конечный результат зависит не только от функции |б(щ)|, т. е. от усреднительной системы, но и от амплитудного спектра $|F_1$(щ)| исходной функции качества.

Спектр $|F_1$(щ)| определен на всей бесконечной оси частот, однако его основная энергия сосредоточена на интервале частот конечной длины. Если этот интервал включает много периодов функции |б(щ)|, т. е. является широким, и в пределах одного периода спектр $|F_1$(щ)| меняется мало, то, учитывая периодичность функции |б(щ)|, формулу (17) можно заменить формулой

$$D(K_2) = \frac{M_0}{M}\int_0^{1/M_0} |\alpha(\omega)|^2 d\omega \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} |F_1(\omega)|^2 d\omega.$$

Тогда коэффициент усреднения

$$\xi = \left(\frac{D(K_1)}{D(K_2)}\right)^{1/2} = \left(M_0 \int_0^{1/M_0} |\alpha(\omega)|^2 d\omega\right)^{-1/2} = \sqrt{n} \quad (18)$$

зависит только от n. Выражение (18) является предельной оценкой коэффициента усреднения при $M \to \infty$ и зависит только от числа слоев усреднительного штабеля.

Фактический коэффициент усреднения может значительно отличаться от предельной оценки (18), особенно в случае узкого спектра $|F_1$(щ)|. Если такой спектр принадлежит одному из интервалов (15) (как правило, первому, т. е. при r = 0), то коэффициент усреднения более чем в два раза превосходит оценку (18). Если же один из интер-

валов (16) захватывает бльшую часть спектра, то коэффициент усреднения близок к 1, т. е. в этом случае произойдет лишь незначительное уменьшение энергии колебаний. Практически не ослабляются низкочастотные колебания, частота которых принадлежит первому ($r = 0$) интервалу (16), а период больше массы M усреднительного штабеля (см. рис. 2).

Следовательно, эффективность усреднения можно повысить, если настраивать усреднительный штабель на конкретную функцию качества, а не применять его вслепую. Проделанный анализ показывает, что для этого необходимо знать отрезок частот

$$щ_н \le щ \le щ_в, \qquad (19)$$

на который приходится основная энергия спектра исходной функции качества, и выбрать параметры усреднительного штабеля по формулам

$$M = \frac{1}{щ_н}, \quad M_0 = \frac{1}{щ_н + щ_в}, \qquad (20)$$

чтобы отрезок (19) совпал с первым ($r = 0$) отрезком (15).

Вернемся к эффекту сжатия спектра. Если параметры штабеля выбираются по формулам (19), (20), то учитывая сжатие спектра в n раз в результате усреднения, в нем практически отсутствуют высокочастотные колебания. Это особенно важно учитывать, когда усреднительный штабель является частью усреднительных мероприятий. В частности, оборудование усреднительного или другого назначения с рабочими емкостями относительно малого объема желательно применять до усреднительного штабеля, так как его применение после штабеля не приводит к уменьшению колебаний функции качества. Отметим еще одно следствие сжатия спектра: повторное усреднение горной продукции в таком же усреднительном штабеле вновь приводит к значительному уменьшению энергии колебаний. Для сравнения: упомянутый выше усреднительный бункер с горизонтальной загрузкой ячеек тонкими слоями не обладает эффектом сжатия спектра, и его повторное применение не приводит к заметному уменьшению энергии колебаний.

Итак, построение математической модели усреднительного штабеля с использованием зависящей от массы функции качества показало, что на результат усреднения оказывают влияние только функция качества и два параметра штабеля: его масса и масса одного его слоя. Это позволило детально изучить механизм усреднения штабеля, оценить коэффициент усреднения и получить его предельную оценку, обнаружить эффект сжатия спектра, дать формулы по расчету параметров штабеля для достижения наилучшего усреднения и рекомендации по выбору оптимального места штабеля в ряду других усреднительных мероприятий.

Библиографический список

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы : учеб. для вузов : в 2 ч. Ч. 2. Технология и комплексная механизация / В. В. Ржевский. М. : Недра, 1985. 549 с.

2. Бастан, П. П. Теория и практика усреднения руд / П. П. Бастан, Е. И. Азбель, Е. И. Ключкин. М. : Недра, 1979. 256 с.

3. Бастан, П. П. Теоретические основы усреднения руд / П. П. Бастан, Е. И. Ключкин, Е. И. Азбель. // Изв. вузов. Горн. журн. 1977. № 11. С. 33–43.

4. Бызов, В. Ф. Усреднительные системы на горно-обоготительных предприятиях / В. Ф. Бызов. М. : Недра, 1988. 213 с.

5. Шупов, Л. П. Математические модели усреднения / Л. П. Шупов. М. : Недра, 1978. 287 с.

6. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. СПб. : Питер, 2003. 608 с.

S. B. Vasilyev

APPLICATION OF GUALITY FUNCTION DEPENDING ON WEIGHT DURING INVESTIGATION OF AVERAGING SYSTEMS

New quality function of mineral wealth is offered. The function depends on weight not time and allows constructing more simple mathematical models of averaging systems. With a help of it the new mathematical model of known from literature averaging stack is constructed, the deep analysis of averaging process is mode, the recommendations of stack parameters choosing and other practical conclusions are given.

УДК 81.373.21(571)

С. П. Васильева

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ТОПОНИМИЧЕСКОЙ КАРТИНЕ МИРА

Проводится семантико-ономасиологический анализ топонимов поля ***форма,*** *выявляются ментально-топонимические стереотипы восприятия и осмысления географических объектов в пространстве, выделяются ядерные и периферийные топонимические модели региональной топонимической картины мира.*

Обращение к реконструкции картины мира (КМ) как способу репрезентации сознания довольно широко применяется в современном языкознании. Лингвисты обращаются к различным источникам, используют для этого разный языковой материал, ищут каналы трансляции ментальной информации. В частности, Ю. Д. Апресян ставит задачу реконструкции «наивной модели мира», т. е. донаучной, выраженной в языковых значениях и не зависимой от субъективных и изменчивых представлений отдельного человека. Он считает, что исследование наивной картины мира идет в двух основных направлениях: во-первых, исследуются отдельные характерные для данного языка концепты, своего рода лингвокультурные изоглоссы и пучки изоглосс (В. В. Виноградов, Г. Бартминский, Н. И. Толстой, А. Вежбицка, Н. И. Сукаленко, Д. С. Лихачев, Е. С. Яковлева), во-вторых, ведется поиск и реконструкция присущего языку цельного, хотя и ‘наивного’, донаучного взгляда на мир [1]. А. Я. Гуревич определяет модель мира как «сетку координат», при посредстве которых люди воспринимают действительность и строят образ мира, существующий в их сознании. Он определяет набор взаимосвязанных универсальных понятий: время, пространство, изменение, причина, судьба, число, отношение чувственного к сверхчувственному, отношение частей к целому [2]. По мнению А. Н. Леонтьева, существует особое «пятое измерение», в котором представлена человеку окружающая его действительность: это – «смысловое поле», система значений. Тогда картина мира – это система образов.

Под понятие КМ подводятся в разное время и разными мыслителями «видение мира», «понимание вещей и событий», «идеология», «художественные представления разных культурных ценностей», «национальное восприятие окружающего мира» и т. п. [3]. Картина мира может быть представлена как структура, отражающая сознание, ментальность народа. По мнению Б. А. Серебренникова, при исследовании проблемы отражения картины мира в человеческом языке обычно исходят из простой триады: окружающая действительность, отражение этой действительности в мозгу человека и выражение результатов этого отражения в языке. При этом заведомо предполагается, что человек отражает эту действительность правильно, и так же правильно эта действительность выражается в языке [4]. В действительности все значительно сложнее. Восприятие и отражение зависят от многих субъективных и объективных причин. Такими причинами могут являться геополитические условия, время, род занятий человека, природа, климат и др. Во всяком случае, названные факторы актуальны для когнитивного исследования топонимикона какой-либо территории, топонимической картины мира

Цель данной статьи – выявление ментальных стереотипов восприятия и осмысления такого фрагмента топонимической картины мира, как ***форма*** географических объектов, выраженного в топонимии Приенисейской Сибири.

Изучение топонимии в ментальном аспекте позволяет решить задачу извлечения информации о духовной культуре народа путем моделирования реального и ирреального пространства. «Требуемая в данном случае концептуальная интерпретация предполагает преодоление расстояния от характеристики объекта действительности, запечатлеваемой языковыми единицами, до характеристики установок, интенций субъекта – носителя языка, обусловивших именно такое восприятие объекта. Для сокращения этого расстояния следует сначала максимально более полно представить объем информации о данном объекте и ему подобных, которую дает язык, а в применении к топонимическому материалу – топонимикон» [5].

Топонимикон любой территории представляет собой набор дискретных единиц, но максимально полный список топонимов какой-либо территории может представлять собой текст, из которого возможно извлечь ментальную, лингвострановедческую, этнокультурную информацию [6]. Есть все основания считать топонимическую картину мира частью языковой картины мира. «Являясь частью языковой картины мира, топонимическая картина мира манифестирует существование на определенной территории определенной совокупности географических названий, сформировавшихся в региональной языковой среде и, следовательно, отражающей особенности языка, языковой региональной системы; с другой

стороны – зафиксировавшей все объективные и субъективные элементы системы, спроецированные языковым сознанием (коллективным и индивидуальным)» [7].

Восприятие объектов реальной действительности в пространстве характеризуется неоднородностью, уровнями охвата свойств и сущности объекта: первый уровень представляет собой восприятие с помощью органов чувств доступных познающему субъекту внешних его проявлений; следующий уровень – это аксиологические характеристики; третий уровень – осмысление «в аспекте комплексной событийности» на основе «умопостижения» объекта как «идеи», его месте в топонимической картине мира. Проанализировав достаточно большое количество географических названий того или иного семантического поля, выявив их парадигматические и синтагматические связи, внутреннюю форму производящих апеллятивов, характерные номинативные модели, отражающие связь с объективной действительностью и переходя на понятийный уровень, можно увидеть характерные тенденции, правила, или стереотипы восприятия действительности… «Появляется тот устойчивый фрагмент представленности знаний, который мы называем ментально-топонимическим стереотипом» [7].

Один из вариантов – изучение топонимической системы в ее онтологическом и ментальном бытии – строится на понимании системного структурного и семантического подхода к изучению топонимического материала как к онтологическому бытию топонимической системы, а топонимической картины мира – как ментальному бытию топонимической системы. «Онтологическое бытие системы неизбежно смыкается с ее ментальным существованием» [7].

Восприятие размеров и формы объекта относится к первому уровню постижения объекта с помощью органов чувств. Это наиболее популярные свойства воспринимаемого объекта, отраженные в топонимии.

Для извлечения ментальной информации топонимы рассматриваются нами в рамках семантических полей, в пределах которых анализируются их семантические связи и выявляются номинативные модели. Семантико-ономасиологический анализ топонимов в семантическом поле позволяет оперировать информацией, полученной на основе анализа дотопонимического значения топонима, его внутренней формы, лексического значения топонима и принципов номинации. Ономасиологический анализ является тем путем, который поможет перейти от языкового уровня к уровню сознания, к ментальности. Ментальность понимается нами как набор стереотипов восприятия, осмысления и номинации объектов реальной действительности, а топоним представляет собой языковую единицу, имеющую в структуре значения, кроме языкового, психологический, когнитивный и этнокультурный компоненты.

Под ментально-топонимическим стереотипом вслед за Л. М. Дмитриевой мы понимаем «комплекс стандартов восприятия окружающей действительности» [7].

В результате проведенного нами анализа бинарных оппозиций *‘долгий – короткий’, ‘широкий – узкий’,* отражающих в семантике составляющих их топонимов представления номинаторов о размере объектов в пространстве, было выявлено, что ядро поля образуют семантические и номинативные модели, характеризующие общерусские стереотипы восприятия размеров объекта в пространстве. На периферии полей, в образной номинации, переводящей обозначения пространства в интеллектуальную и эмоциональную сферу, отражены субъективные черты коллектива номинаторов (гора Думная, р. Переплюевка). Основываясь на данных нашего исследования параметра пространства ***размер***, отмечаем, что в характеризующих номинациях по длине и ширине объектов предпочтительней оказывается параметр длины, который выражен в бульшем количестве топонимов, что свидетельствует о значимости параметра длины при восприятии объектов.

Рассматривая семантическое поле ***форма***, замечаем, что размер и форма географических объектов воспринимаются в комплексе. В связи с этим, небольшое количество топонимов с квантитативом *широкий* компенсируется наличием *круглых,* так как они тоже противопоставлены *длинным* (*долгим*), но уже не по размеру, а по форме, по конфигурации объектов. Круглая форма отражена в номинации водоемов, озер и болот, т. е. в разрядах лимнонимов и гелонимов: Круглое, оз. (Ш.,5 объектов, Ил., Пир., Ем.); Круглый пруд, по форме (Коз.); Круглое болото, был мох и клюква (Рыб., 2 объекта); Кругленькое болотце, по форме (Сух.).

Гораздо реже встречаются круглые объекты на суше, возможно, это связано с негативным отношением к кругу как магической форме. В говорах есть слово *кружбть* в значении «плутать, заблудиться»: *В трех соснах кружал тогда я* (Уж.) [7].

Круглый ельник в 2 км от д. (Дз., Парт.); Круглая Забока, поляна с кустарником, *названа по форме* (Ш.); Кругленько, *круглая поляна* (Ем.); Круг, место, где проходили бои с белогвардейцами. (Сух.).

Несколько выпадают из этого списка следующие названия, связанные с действиями человека: Иванинские Кругб, поле, распаханное вкруговую (Кураг.). – Круг создается способом вспашки, т. е. рукотворный круг. Кругляк, очень крутой поворот (Коз.). – При движении на повороте выписывается круг.

Кроме того, радиальность обозреваемого пространства выражается в языке предлогом и наре-

чием *круг* в значении «вокруг»: *У них круг домато много деревьев посажено; круг да около ходит* [7] – а также в топонимах с предлогом *около*, существительным *околица*, в которых проявляется связь с *коло* – «колесо» [8]. В группе лесных топонимов понятие круга реализуется термином колок (околок) – «роща, лесок в поле, степи, или островок крупного леса среди мелколесья, на низменном сыром месте» [7] .

Пашни и покосы довольно редко имеют форму правильного круга, зато это значение выражено во множестве переносных названий, в которых отразилось сходство с посудой:

Чаша, пологая впадина, *весной наполняется водой от ручьев, напоминая чашу* (Пир.);

Чаша, ягодное место, *напоминает чашу* (Рыб.); Чашина, место, котлован в ур. р. Жидорба, *напоминает форму чаши* (Саян.); Маркушева чбшина, *ровное место, окруженное лесом и горами* (Кураг.).

Котел, низина, *находится среди гор* (Дз.); Котлован, *место, напоминающее по форме котел* (Дз.); Котел, место для купания на р. Усолке, *глубокая яма посередине* (Дз.);

Котел, оз., место для купания, *имеет форму котла* (Рыб.); Котлб, оз., *вблизи есть сопка, по форме напоминающая перевернутый котел* (назвали ненцы) (Дуд.). В мифологии северных народов котел связан с проявлением божества.

Сковородка, поле в 2 км от д. Далай-Отрез, *имеет форму сковороды* (Ил.).

Катэшка, поле, *получило название по форме, скругленное, кругом повороты: когда пашешь, словно катушку разматываешь* (Пир.).

Пятачок, *место сбора молодежи, где проходят танцы, «веселья»* (Рыб.);

Пятачок, *место в заготзерно, где собирались для отдыха* (Сух.); Пятачок, оз., небольшое (Б.–У.). Пятачок ассоциируется не только с кругом, но и с небольшим уютным местечком, где приятно проводить время в кругу приятелей.

Таким образом, *чаша, котел, сковородка и катушка* – предметы, ассоциирующиеся с *кругом* в топонимии Приенисейской Сибири. В номинации круглых географических объектов отражено комплексное образное восприятие человека. «Сталкиваясь с объектами действительности, познание которых на уровне абстрактно-логического мышления невозможно, номинатор переключается на сферу своего чувственного опыта и, опираясь на способности наглядно-образного мышления, находит достоверный способ выражения знания об объекте в форме конкретного образа предмета, уже освоенного вербальным мышлением» [9]. Что касается объектов образной топонимической номинации, то это, как правило, небольшие, обозримые, чувственно воспринятые объекты, в которых номинатор выделяет для образной номинации либо один признак, либо комплекс признаков (чаще – второе). Создание новой номинативной единицы сознательно или бессознательно оценивается номинатором с точки зрения ее восприятия адресатом. В образной народной номинации жизнеспособность образных номинативных единиц обусловлена общностью жизненного и языкового опыта коллектива. Сущностью прямой номинации является воплощение собственного признака объекта в названии, а сущностью опосредованной (в том числе образной) – воплощение этого же признака в другом предмете [9].

Протяженные в пространстве объекты могут быть обозначены по форме как *прямой – непрямой*.

Прямой – «простирающийся ровно, в одном направлении (вперед), без изгибов и уклонов» [10]. Прямица – протока, укорачивающая, спрямляющая русло реки (Томская обл.) [11]. В пространственном значении *Прямая черта* – «кратчайшая между двумя точками». *Прямой путь,* пртвп. *окольный, круговой, кривой. Прямо* нар. – «против, насупротив». *Прямик, прямица, прямок, прямья* – «прямой путь». О человеке: *прямой, прямодушный* – «которому свойственны прямизна, честность, откровенность» [12]. В топонимии Приенисейской Сибири: Прямая, р., п. пр. Ниж. Ослянки. (Мот.); Прямая Яга, р., п. р. Большая Яга (Уж.); Прямой, кл. (Ш.); Прямое, оз. (Ш.) (2 объекта).

Однако не всегда прямой путь лучший: Волчья тропа – тропинка, сокращающая путь от центра к окраине (Ман.). – Неудобство передвижения по тропинке выражено имплицитно. Слово *волчий* в названии употреблено в лингвокультурном значении «дикий, опасный, плохой».

Прямой выс., Прямица, р., прот. отмечаются в Тюменском Приобье [13], Прямая падь и распадок – в топонимии Приамурья [14].

Таким образом, в топонимии с элементом *прямой* распространены номинации водных потоков и путей передвижения. *Прямым* топонимам противопоставлены названия с элементом *косой, кривой, извилистый.* Извилистая, речка, извилистое русло (Коз.)

Косой – «непрямой, неравнобежный с тем направлением, о котором идет речь». *Косая стена, столб* – «неотвесный, наклонный, покляпый». *Косой пол, притолока* – «лежащий не по уровню, одним краем, концом ниже». Неправильно говорят *кривой* вместо *косой:* кривая черта, гнутая, дуга. *Косой угол* – «наклонный, больше или меньше прямого, острый или тупой» [12].

В топонимии Приенисейской Сибири выражены разные значения признака *косой*.

«Лежащий не по уровню, одним краем, концом ниже»: Косой Бык, шивера, (Кеж.); Косые ложки, поле с рельефной поверхностью (Саян.); Косые Ложки, д. (Уж., Ш.); Косогор, лес на горе (Сух.); Галкин косогор, поле (Кураг.).

«Состоит из непрямо растущих деревьев»: Косой бор, много кривых берез, елей (Кеж.). В географической терминологии есть термин *криволесье, кривульник* – «тундровые леса с деревьями угнетенной формы. Искривленные стволы ели, лиственницы и берез; уродливый угнетенный лес» [15].

«Непрямое, изогнутое»: Косое, оз., имеет форму полумесяца (Б.-У.).

«Расположенные под *косым углом*»: Косые дома, ул., *дома построены «в елочку», косо*. (Рыб.); Косая, ул. (Наз.); Косой, переезд через ж.д. полотно (Коз.).

В ряде случаев произошла ремотивация в результате появления новых фактов непространственного значения: Косая, гора – *Токуют косачи* (Коз.); Косое, глухое место в лесу – *В гражд. войну здесь находилась банда под предводительством Косого*) (Ем.).

Термин *коса* – «узкая, косая полоса, клином, длинная песчаная отмель, идущая клином, грядой от берега» [12] активно используется в номинации речных объектов. Косой называют узкую отмель на реке: Есаульская коса (Ем.); Коса, место купания детей на р. Рыбной (Рыб.); Коса, место на реке, куда выгоняют скот на пастбище (Идр.); Коса, о. на Ен., заросший тальником (Сух.). Синонимичны названия с терминами *отмел, мель*: Большой ьтмел, место рыбалки; Малый отмйл, коса на р. Чулым. (Б.-У.). Старшее знач. др.-рус. **мъль**, по-видимому, было «порожистое место на реке», «место, где дробятся волны, где разбиваются речные суда» [8].

На суше участок такой формы обозначают термины *клин, гряда, угол*. Клин – «островной лес по берегу реки; участок болота, заросший лесом; лесная полоса; земельный надел; граница, рубеж (северо-западные и центральные обл.)». *Клинок* – «вклинившаяся часть луга в лес, пашню». От термина *клин* образовано множество топонимов [14]. В говорах Приенисейской Сибири участок клинообразной формы: косяк – «участок леса» – *Косяк леса отдельно совсем. Кругом поле, а в этом косяке коз гонял.* (Шуш.) *Кедровый косяк, или деляна, когда лесообъездчики нарезают.* (Шуш.) [7]. В топонимии Приенисейской Сибири: Клин, ягодное место между двух дорог. (Ш.); Клин, возв. (Дз.); Клин, участок тайги, образованный слиянием двух ручьев (Саян.); Марьин Клин, был покос Марьи (Саян.); Ехвалевы клинья, пашня в форме клиньев, *принадлежала бедняку, любившему похвалиться* (Ем.); Зеленый клин, ул. в д. Солонечно-Талое, *на отшибе, рядом с лесом* (Парт.).

В деревенском пространстве участок, именуемый *Угол*, находится в отдалении: Угол, пашня в 6 км от д. Новоникольск (Ил.); Угол, ягодное место у реки на стыке двух гор (Ман.); Угол, поле в 9 км от д., по форме. (Ем.); Угол, лес на грани Б.-Улуйского и Бирилюского р-нов. (Б.-У.); Угьл, пастбище на сев. между деревней и болотом (Б.-У.).

Например, в Большеулуйском районе такое именование участков довольно распространено и сопровождается именем или фамилией бывшего владельца: Пбнов угол, поле (Дз.); Трошин угол, поля в 9 км от д. (Б.-У.); Терещенков угол, поля в 4 км от д. (Б.-У.); Ананьев угол, поле в 5–7 км от д. (Б.-У.).

Название участка – Медвежий угол, *место между хребтами, где часто встречаются большие бурые медведи* (Парт.) – несет коннотацию «отдаленное, дикое место, не освоенное человеком, где живут дикие звери». Упоминание в мотивации *«часто встречаются большие бурые медведи»* может на поверку означать, что там однажды видели медведя или предполагают, что медведи там есть, из-за дикости окружающей природы.

Косой и кривой – пространственные характеристики объектов, которые не всегда совпадают. *Кривой* – «непрямолинейный, идущий по прямой черте». *Косой*, уклонившийся от уровня или отвеса; *кривой*, уклонившийся от прямой черты, гнутый, лучковый, луковатый, изогнутый [12]. Кривун – «речная излучина на рекахСибири. То же *кривляк*». Сюда же относятся упоминаемые В. И. Далем производные *криула* – «колено», «крутая извилина реки» (Поволжье, бас. Оки, Дона). В русских говорах находим словообразовательные варианты: *кривулька, кривушина, кривяк, кривулица, кривулина, кривуля, криуля, кривь,* – отраженные в топонимии [15]. *Кривун* отмечается в говорах Приенисейской Сибири как «изгиб реки» – *Там небольшой кривун, туда ловить ходим.* (П.-Х.); *Кривун – это река изворачиватся, быват, что от кривуна в другу сторону течь начинат, всякие есть кривуны.* (П.-Х.). *Клиушать* – «извиваться (о реке)» – *Клиушает где река, петлями – там у нас забока за селом.* (Шуш.) [7].

В топонимии Приенисейской Сибири реализованы следующие значения корня *крив-*:

извилистый: Кривая, прот. (Парт.); Кривулина, речка, *делает множество неожиданных поворотов и зигзагов* (Рыб.); Кривой, руч. (Уж.); Кривая, речка (Наз.); Кривая, ур. (Наз.); Кривляк, место купания на р.Бузим в 200 м от д. (Сух.); Кривая балка (Коз.); Кривая дорога (Наз.); Кривая тропинка (Ман.); Кривляк, *название кривых улиц* (Ем.); Кривой рог, ул., *по форме* (возможно, переселенцы из Кривого Рога) (Рыб.); под углом: Кривой мост, на дороге «Абакан–Кызыл», *построен под углом, не перпендикулярно фарватеру* (Ерм.);

изогнутый: Кривое, оз., *по форме берегов* (Сух.); Кривое, оз., *имеет форму дуги* (Орд.);

Кривое, оз., *по форме* (Ем.); Кривое, оз., *по форме длинное, загибается* (Ем.); Кривое, оз. (Б.-У., Ш.).

На периферии поля ***непрямой*** названия со значением «изогнутый», они реализованы в названиях метафорического характера. Сфера переноса лежит в области хозяйственной деятельности. Лошадь и упряжь: Копыто, пруд на р. Большой Бузим, *напоминает лошадиное копыто* (так называют дети, взрослые называют – Виноградовский пруд) (Сух.); Подкова, оз., *по форме* (Б.-У.); Хомутина, *суша, окруженная водой, в форме хомута* (Ш.); предметы быта: Крюк, поле, *по форме углом* (Пир.); Кочерга, поле, *по форме издали напоминает кочергу* (Ем.); Трубка, ул. с поворотом, *похожая на трубку* (Уяр.);

части тела: Соколок, небольшой островок, по форме (Дз.) – *Соколок, соколик, соколец* – «кровеная жила большого перста»; «ямка под большим пальцем, промеж двух сухих жил» [12]. Тещин язык, *крутой поворот* (Ил.) – название дано на основе сходства предметов по форме. Но есть и другой вариант мотивации: Тещин язык, дорога, *очень длинная и узкая, так называют «шофера»*. (Коз.) – на первое место выступает этнокультурное значение «язык у тещи длинный и опасный»; клюв птицы: Утиный нос, п-ов, *по форме* (Аб.); Уткин нос, *выступ берега, пологий, песчаный, место для отдыха* (Ем.); земноводные: Змейка, р. (Парт.); оружие: Пистолет, поле, *по форме* (Дз.); обувь: Сапог, поле, *по форме* (Дз.); Сапог, покос близ п. Емельяново, *по форме* (Ем.); исторические ассоциации: Курская дуга, неширокая пашня в форме дуги, названа после Великой Отечественной войны (Кураг.).

В сознании номинаторов изгиб дороги отмечается как опасное место: Своруток, *крутой поворот дороги на ст. Крутояр* (Уж.); Дунькин поворот 1) *женщина-шофер здесь погибла*; 2) *перевернула машину, покалечила много людей* (Сух.); Клавкин поворот, *здесь разбилась женщина-шофер Клава* (Сух.); Второй сворот, дорога в Средний Колон (Дз.). Названия опасных участков дороги часто образованы от антропонимов, как правило, фиксирующих персонажей трагических событий, это видно из мотиваций, которые, впрочем, могут появиться в результате утраты истинной мотивации.

В результате проведенного анализа выявлено, что 1) восприятие формы географических объектов является важной составляющей топонимической картины мира Приенисейской Сибири; 2) восприятия формы географических объектов представляет собой «комплекс стандартов», «ментально-топонимических стереотипов» русской топонимической картины мира: *круглый, прямой – кривой (косой),извилистый, клин, угол*; 3) стереотипы восприятия географических объектов отражены в номинации и обусловлены типом географического объекта, опытом человека, особенностями ландшафта, фауны региона; 4) одна из самых ярких пространственных моделей – *круг*, реализованная в ядерной зоне топонимическими моделями: *круг, круглый, кругленький, круга, кругляк*; на периферии – в системе образных топонимических моделей: *чаша, котел, сковородка, катушка*; 5) в номинации протяженных географических объектов реализована пространственная модель *прямой – непрямой*, выраженная в ядерной зоне бинарной оппозицией *прямой – кривой, косой, извилистый,* реализованная на периферии в образных номинациях от апеллятивов: *копыто, подкова, хомутина, крюк, кочерга, трубка, пистолет, сапог, соколок, тещин язык, уткин нос, змейка,* исторического топонима *Курская дуга*; 6) выявленные ментально-топонимические стереотипы являются частью региональной топонимической картины мира.

Библиографический список

1. Апресян, Ю. Д. Образ человека по данным языка: попытка системного описания / Ю. Д. Апресян // Вопросы языкознания. 1995. № 1.

2. Гуревич, А. Я. Категории средневековой культуры / А. Я. Гуревич. М., 1972.

3. Уфимцева, А. А. Роль лексики в познании человеком действительности в формировании языковой картины мира / А. А. Уфимцева // Роль человеческого фактора в языке. Язык и картина мира : моногр. М. : Наука, 1988.

4. Серебренников, Б. А. Язык отражает действительность или выражает ее знаковым способом? / Б. А. Серебренников // Роль человеческого фактора в языке. Язык и картина мира / Б. А. Серебренников, Е. С. Кубрякова, В. И Постовалова и др. М. : Наука, 1988. 216 с.

5. Березович, Е. Л. Топонимия Русского Севера: Этнолингвистические исследования : монография / Е. Л. Березович ; Ур. гос. ун-т. Екатеринбург, 1998. 338 с.

6. Дмитриева, Л. М. Онтологическое и ментальное бытие топонимической системы (на материале русской топонимии Алтая) : дис. … докт. филол. наук / Л. М. Дмитриева ; Алтай. гос. ун-т. Барнаул, 2002. 370 с.

7. Словарь русских говоров южных районов Красноярского края. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 1988. 445 с.

8. Фасмер, М. Этимологический словарь русского языка / М. Фасмер ; под ред. О. Н. Трубачева. Т. 1–4. М. : Прогресс, 1964–1973.

9. Рут, М. Э. Образная номинация в русском языке : монография / М. Э. Рут ; Ур. гос. ун-т. Екатеринбург, 1992. 148 с.

10. Черных, П. Я. Историко-этимологический словарь современного русского языка / П. Я. Черных. Т. 1–2.М. : Русский язык, 1993.

11. Воробьева, И. А. Русская топонимия средней части бассейна Оби / И. А. Воробьева ; Том. гос. ун-т. Томск, 1973. 247 с.

12. Даль, В. И. Толковый словарь живого великорусского языка : в 4 т. / В. И. Даль. М. : Госиздат, 1956.

13. Фролов, Н. К. Семантика и морфемика русской топонимии Тюменского Приобья / Н. К. Фролов ; Тюмен. гос. ун-т. Тюмень, 1996. 160 с.

14. Чернораева, Т. Н. Топонимия и географическая номенклатура Приамурья : дис. … канд. филол. наук / Т. Н. Чернораева ; Хабар. гос. пед. ун-т. Хабаровск, 2002. 233 с.

15. Мурзаев, Э. М. Словарь народных географических терминов / Э. М. Мурзаев. М. : Мысль, 1984. 653 с.

Список сокращений

единиц
д. – деревня
кл. – ключ
о. – остров
обл. – областной
оз. – озеро
п. – правый
пр. – приток
прот. – протока
п. у. – переселенческий участок
р. – река
руч. – ручей
ур. – урочище

Список сокращений административных единиц

Аб. – Абанский район
Ач. – Ачинский район
Бал. – Балахтинский район
Бер. – Березовский район
Бир. – Бирилюсский район
Богот. – Боготольский район
Бог. – Богучанский район
Б.-М. – Большемуртинский район
Б.-У. – Большеулуйский район
Даур. – Даурский район
Дз. – Дзержинский район
Ем. – Емельяновский район
Енис. – Енисейский район
Ер. – Ермаковский район
Идр. – Идринский район
Ил. – Иланский район
Ир. – Ирбейский район
Каз. – Казачинский район
Кан. – Канский район
Кар. – Каратузский район
Кеж. – Кежемский район
Коз. – Козульский район
Кур. – Курагинский район
Ман. – Манский район
Мин. – Минусинский район
Мот. – Мотыгинский район
Наз. – Назаровский район
Н.-И. – Нижнеингашский район
Нов. – Новоселовский район
Парт. – Партизанский район
Пир. – Пировский район
Рыб. – Рыбинский район
Саян. – Саянский район
С.-Е. – Северо-Енисейский район
Сух. – Сухобузимский район
Тас. – Тасеевский район
Тур. – Туруханский район
Тюльк. – Тюльковская волость
Тюх. – Тюхтетский район
Уж. – Ужурский район
Уяр. – Уярский район
Ш. – Шарыповский район
Шуш. – Шушенский район

S. P. Vasilyeva

IDEAS OF THE FORM OF GEOGRAPHICAL OBJECTS IN TOPONYMIC PICTURE OF WORLD

It is given semantic-onomasyologic analysis of toponyms of from, it is uncovered mental-toponymic stereotypes of perception and comprehension of geographical objects in a space, it is singled out nuclear and peripheral toponymic models of regional toponymic picture of world.

УДК – 631.15

Г. М. Винокуров

РАЗВИТИЕ КОММЕРЧЕСКОГО РАСЧЕТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Рассмотрены вопросы реализации коммерческого расчета в сельском хозяйстве как наиболее эффективного метода ведения хозяйства.

Принцип децентрализации управления и хозяйственная самостоятельность являются производными от других и вытекают из свойства экономической системы. Децентрализация экономики рыночного плана проявляется при отсутствии устанавливаемого центром государственного плана, подлежащего обязательному выполнению и замене его индикативным, рекомендательным, советующим планом – прогнозом. Рыночная экономика не может и не должна быть децентрализованной полностью, иначе будут потеряны организующие начала, объединяющие хозяйствующие ячейки в единую экономику страны. Чтобы экономика рыночного типа была самоорганизующейся, а без этого условия нельзя предоставить хозяйственную самостоятельность ее звеньям, необходимо разработать систему правил экономического поведения, имеющих общий характер для всех участников экономического процесса.

Присущие рынку стихийные, конкурентные начала в сочетании с элементами регламентации и регулирования дают эффективный механизм обеспечения индивидуальных, групповых и общественных интересов. Появление централизации в децентрализованной экономике наблюдается в форме принятия единых законов и нормативных документов, а также централизованное формирование и распределение значительной части финансовых ресурсов. Децентрализация управления и экономическая самостоятельность распространяется как на предприятия, так и на более крупные экономические образования.

Рыночная экономика не может существовать и нормативно функционировать без государственного регулирования. При отсутствии достаточного государственного регулирования в действие неизбежно вступают стихийные регуляторы. Государственное регулирование рыночной экономики проявляется по-разному. С одной стороны, что необходимо для самого рынка – это свод правил и ограничения рыночной деятельности, его поддержки и обновления, контроля за их соблюдением. С другой стороны, организуя рыночные отношения, государственные органы способствуют ограниченному встраиванию в систему общественных отношений, без чего рынок был бы отторгнут политическими и социальными структурами. Государственное регулирование рынка осуществляется посредством законодательства, государственного планирования, программирования, распределения на основе правительственных нормативных актов.

Одним из важнейших факторов, повышающих эффективность экономической системы рыночного типа, служит конкуренция между предприятиями, организациями и предпринимателями. Конкуренцию можно назвать цивилизованной формой борьбы за существование. Стремление обойти конкурента, не уступить, не отстать от него, создает мощный стимул экономического прогресса. А угроза выбытия из игры в борьбе за экономическое существование и процветание действует надежнее всех иных стимулов. Конкуренция противоречит монополии. Понятие «монополия» означает исключительное право, возможность заниматься каким-либо видом деятельности, которым обладает отдельное лицо, группа лиц или государство. Установление монополии подрывает конкуренцию и рыночные механизмы саморегулирования. Так, производство яиц в Иркутской области монополизировано, так как два основных хозяйства Белореченское и Окинское производят более 80 % яиц.

Главным инструментом, способствующим конкуренции, служат меры, по демонополизации структур в отдельных отраслях и видах производства, противодействующие захвату рынка монополистами. Конкуренция на внутренних рынках стран с рыночной экономикой поддерживается также благодаря относительно свободному притоку иностранных товаров. В целом в сельском хозяйстве количество конкурирующих фирм больше, чем в других отраслях. Для обозначения этого многообразия М. Трейси использует термин «несовершенная конкуренция» [1].

Для современной рыночной экономики характерны средства социальной защиты. Способы и средства социальной защиты весьма разнообразны, но в большинстве случаев они представлены двумя основными категориями. Это, прежде всего, определенные ограничители, ниже которых нельзя опускаться: уровень заработной платы не ниже минимального, налог подоходный не выше определенной ставки. Наряду с ограничителями применяется разветвленная сеть социальных компенсаций в виде льгот, субсидий, рассрочек, представления бесплатных и льготных товаров и услуг. В основе механизма управления деятельности предприятия лежит его финансовая политика. Цель разработки финансовой политики – построение эффективной системы управления финансами, направленной на решение стратегических и тактических задач предприятия, финансовая политика как направление в области управления финансовым потоками предприятия. Субъект управления – руководитель предприятия, несущий персональную оответственность за осуществление финансовой политики. Им может быть начальник финансово-

го отдела, главный бухгалтер или начальник другого структурного подразделения, на которое возложены функции управления объектом. Как отмечает Вальтер О. Э., можно выделить три подхода к управлению финансами [2]:

1) формальный подход, когда решают основные финансово-экономические задачи без реорганизации всех сторон деятельности предприятия. Эффект от реализации данного подхода не высокий и достигается за счет улучшения экономического климата;

2) более глубокий подход к реформированию предприятия с разработкой стратегии развития на ближайшие 1–2 года. Этот подход предполагает внутреннее реформирование предприятия, вплоть до всех структурных подразделений;

3) построение бизнес-процессов заново. Это неизбежно затрагивает производственные подразделения, финансово-экономические службы, что ведет к общим изменениям организационной структуры.

Необходимым условием реализации второго и третьего подходов является выработка финансовой стратегии; разработка новой организационной структуры; преобразование каждого подразделения в центр финансовой ответственности, т. е. работа на принципе внутрихозяйственного расчета; выбор приоритетов распределения финансовых ресурсов. Основными составными частями финансовой политики предприятия являются финансовая стратегия, учетная, амортизационная, кредитная и дивидендная политика. Учитывая сложное положение большинства предприятий, ставится основная задача – проведение реструктуризации задолженности, оптимизация структуры капитала, обеспечение инвестиционной привлекательности предприятия для внешних инвесторов. Важной составной частью финансовой политики является учетная, которая защищала бы интересы предприятия. Сюда же входит и амортизационная политика, которая включает конкретный метод начисления амортизации.

Предприятие само принимает решение пользоваться кредитом. Процентные ставки за кредит высокие, но некоторые операции сельскому хозяйству дают льготные кредиты, т. е. часть процентной ставки сельскохозяйственным предприятиям возмещается за счет бюджета.

Порядок выплаты дивидендов предусматривается в разрабатываемой предприятием дивидендной политике. При этом необходимо учитывать следующее: с одной стороны, выплата дивидендов должна обеспечить защиту интересов собственника и создать предпосылки для роста курсовой цены акций, и в этом смысле их максимизация будет положительной тенденцией; с другой стороны – увеличение дивидендов сокращает долю прибыли, реинвестируемой в развитие производства. При формировании дивидендной политики надо помнить, что классическая формула и курс акций прямо пропорционален процентной ставке по альтернативным вложениям.

Инвесторы могут высоко оценить стоимость акций предприятия даже без выплаты дивидендов, если они хорошо информированы о его программах развития, причинах невыплаты или сокращения выплаты дивидендов и направлениях реинвестирования прибыли. К сожалению, это почти не относится к аграрным формированиям из-за недостатка прибыли. С переходом к рыночным условиям понятие «хозрасчета» заменили на понятие «коммерческий расчет». Изменения коснулись всех сторон деятельности предприятия. Коммерческий расчет как метод ведения хозяйства требует путем соизмерения в стоимостной денежной форме затрат и результатов хозяйственной деятельности при рыночных условиях в целях получения максимальной прибыли при данных затратах капитала. Рационализация использования капитала, сокращение издержек производства, совершенствование организации труда и производства направлены на интенсификацию рыночного производства и сопровождаются усилением социально-экономических противоречий: ростом безработицы, снижением жизненного уровня основной массы трудящихся. Коммерческий расчет при рыночных отношениях обусловлен всеобъемлющим характером товарного производства и действием закона стоимости в условиях конкуренции внутри страны и на внешних рынках. В настоящее время широко за рубежом распространен термин (затраты – выпуск), выражающий требование соизмерения размеров вложенного в производство капитала с результатами хозяйственной деятельности, который применил Нобелевский лауреат наш соотечественник – Леонтьев В. В. [3]. Коммерческий расчет существовал в первые годы Советской власти. По мере замены формы собственности, отношения коммерческого расчета были заменены хозяйственным расчетом и, наоборот, после перехода к рынку хозяйственный расчет заменен коммерческим расчетом всех сторон деятельности предприятий.

Немецкий ученый Шваленбах – один из авторов учения экономики предприятия в этой стране. Основой содержания «экономики предприятия», по идее Шваленбаха, можно считать идею экономичности, которая выражена в форме наиболее экономичного расходования средств [4].

В экономике с централизованным управлением вся хозяйственная деятельность предприятий планируется из единого центра. В отличие от командной системы, где координирующую роль играет централизованное планирование, хозяйственная активность в условиях рыночной экономики базируется на индивидуальных планах предприятий. Так, например, в Германии считается, что государство должно обеспечить свободу действия всем участникам рыночного процесса в границах определенных рыночных компонентов экономической системы. В то же время гарантируется существование конкуренции на основе законодательных норм, а также перераспределения доходов посредством корректировки результатов рыночного (первичного) распределения, например, через налоги, субсидии, социальные

компоненты. Экономическая система социально ориентированного рыночного хозяйства основывается на принципах рыночной экономики, функционирование обеспечивается благодаря заданными государством рамками, а социальные компоненты гарантируются рядом законов, налоговой системой, формой хозяйствования. Экономическая система может быть социально ориентированной как, например, в Швейцарии, Германии, или недостаточно ориентированной (Китай, Индия) или переходной – Россия [5].

В основе хозяйственной деятельности лежит коммерческий расчет, базирующийся на основе сопоставлений полученных экономических результатов с затратами, связанными с достижением этих результатов.

Для своего выживания и процветания, как отмечает Светник Т. В., любая компания должна выполнять определенный набор функций [6].

– обеспечивать максимальную стоимость изготовляемой продукции;

– обеспечивать клиентов рыночными продуктами или услугами с оптимальным соотношением цены, потребительских характеристик и качества данного рыночного сегмента;

– увеличивать число рабочих мест, выплачивать соответствующее материальное вознаграждение, а также обеспечить профессиональный и карьерный рост персонала;

– быть выгодной и значимой (для своих клиентов и поставщиков);

– вносить вклад в формирование валового внутреннего продукта (создавать стоимость);

– участвовать в финансировании социальных и общественных, государственных и негосударственных программ путем уплаты установленной суммы налога, а также осуществлять благотворительную деятельность.

Современное предприятие, защищает интересы как предпринимателей, работников, а также и жителей данной местности, т. е. должен быть составлен социальный баланс. Социальный баланс – это отчет относительного соответствия деятельности предприятия нормам, действующим в Германии.

Рабочие группы, создаваемые, с одной стороны, производителями, а с другой – профсоюзами, выработали свои предложения о том, что должно быть предметом социального баланса (см. рисунок). Предприятие должно не только увеличивать капитал своих хозяев, но и платить высокую зарплату работникам, создавать экономический пакет для них, т. е. делать социальные отчисления, улучшать другие условия (транспортное обслуживание работников и детей, организацию отдыха, медицинского, культурного обслуживания и т. д.).

Библиографический список

1. Трейси, М. Сельское хозяйство и продовольствие в экономике развития страны / М. Трейси ; пер. с англ. В. А. Макеева ; под ред. А. Г. Слуцкого. М. : Экон. школа, 1995. С. 46.

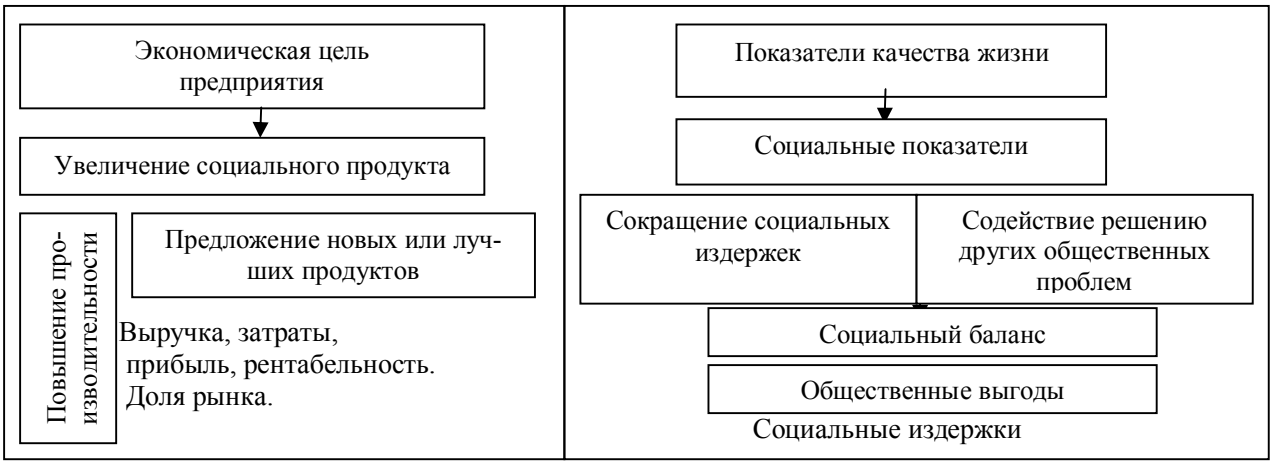
2. Вальтер, О. Э. Финансовый менеджмент / О. Э. Вальтер. М. : Изд-во «Колос», 2002. С. 118.

3. Леонтьев, В. В. Экономическое эссе: теории, исследования, факты и политика : пер. с англ. / В. В. Леонтьев ; предисл. С. С. Шаталина, Д. В. Валового. М. : Политиздат, 1990. 410 с.

4. Экономика предприятия : учебник для вузов / Ф. К. Беа, Э. Дихтла, М, Швайцера и др. : пер. с нем. М. : Инфра-М, 2001 С. 47–49; 79–80.

5. Иохин, В. Я. Экономическая теория : учебник / В. Я. Иохин. М. : Юрист, 2000. С. 86.

6. Стратегия и механизмы организационного развития : курс лекций / под общ. ред. Т. В. Светник. Иркутск : БГУЭП, 2004. С. 231.



Двойственная структура целей руководства предприятия, несущего ответственность перед обществом

G. M. Vinokurov

DEVELOPMENT OF COMMERCIAL CALCULATION IN THE AGRICULTURE

It is considered the questions of the realization of commercial calculation in the agriculture as the most effective method of keeping.

УДК 316.351.1

О. А. Врублевская

О СУЩНОСТИ ПОНЯТИЯ «СОЦИАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ» В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Рассмотрена сущность понятий «взаимодействие» и «социальное взаимодействие», а также генезис данных понятий. Приводится множество понятийных интерпретаций данного термина, имеющихся в научных исследованиях. Поясняется методологический эффект взаимодействия, выделяются два основных типа взаимодействия – сотрудничество и соперничество, и виды социального взаимодействия – непосредственный и опосредованный. Дается вывод о сущности данного понятия в научном обороте.

В научной литературе понятие социального взаимодействия не имеет однозначной трактовки. Однако существуют различные подходы к сущности данного понятия как отечественных, так и зарубежных авторов. Трактовка понятия социального взаимодействия может меняться от предмета исследования, с которым мы сталкиваемся, например, в политологии, экономике, социологии, философии.

Взаимодействие – категория философская, отражающая всеобщую сущностную связь всего живого. В толковом словаре русского языка Ожегова С. И. и Шведовой Н. Ю. термин «взаимодействие» трактуется как «взаимные отношения между кем-нибудь или чем-нибудь», а также как «взаимная связь явлений» [1]. Отсюда следует, что взаимодействие относится к отношениям «субъектно-субъектным», за которыми стоят общественные отношения.

Философ Кохановский В. П., с позиции диалектики, дает следующее определение «взаимодействие – философская категория, отражающая процессы воздействия различных объектов друг на друга, их взаимную обусловленность, изменение состояния, взаимопереход, а также порождение одного объекта другим. Свойства объекта могут проявиться и быть познанными только во взаимодействии с другими объектами. Взаимодействие выступает как интегрирующий фактор, посредством которого происходит объединение частей в определенную систему, в конкретный тип целостности. Взаимодействие носит объективный и универсальный характер, посредством него осуществляется материальное единство мира. Сложные формы взаимодействия характеризуют жизнь общества, которое есть не что иное, как продукт взаимодействия людей. Категория взаимодействия конкретизируется в таких категориях, как причина, следствие, связь, развитие, противоречие и др. [2].

Жбанкова И. И. рассматривает категорию взаимодействия в философском анализе в четырех аспектах – онтологическом, гносеологическом, методологическом и логическом.

Соглашаясь с этим, мы считаем необходимым подчеркнуть, что для данного исследования наибольший интерес представляет методологическая сторона взаимодействия. «Категория взаимодействия является существенным методологическим принципом познания природных и общественных явлений» [3].

Жбанкова И. И. характеризует методологический аспект категории «взаимодействие» следующим образом: «Оно (взаимодействие) ставит и решает все вопросы, касающиеся роли и значения категории взаимодействия и формирования конкретных научных теорий, понятий, методов…».

Будякова С. Н. пишет, что «проблему взаимодействия можно отнести к тем философским проблемам, о которых одни говорят, что они тривиальны, а другие, – что они малоизученны. И это не случайно. Окружающий нас мир предстает перед нами как огромное скопление материальных образований, предметов, явлений, процессов. Каждый из них взаимодействует с другими. Мы имеем дело с бесконечным количеством и многообразием взаимодействий, что не может не затруднять их философского освоения. Характерно, что едва ли не единственная специальная работа о взаимодействии была посвящена физическому взаимодействию» [4].

Многоаспектность взаимодействия пытаются отразить в определении этой категории. Так, одно из них гласит: «Взаимодействие – понятие для обозначения воздействия вещей друг на друга, для отображения взаимосвязей между различными объектами, для характеристики форм человеческого события, человеческой деятельности и познания…» [5].

Приведем ряд определений: «….всеобщая диалектическая форма связи тел и явлений, осуществляющаяся в их взаимном изменении…» [6], «всеобщая форма связи предметов, явлений объективной действительности…» [7]. Приводя лишь онтологическую часть данной дефиниции, мы хотели бы подчеркнуть, что именно она кажется нам наиболее приемлемой.

Так же «…философская категория, отражающая процессы воздействия различных объектов друг на друга, их взаимную обусловленность, изменение состояния, взаимопереход, а также порождение одним объектом другого…» [8].

Мы привели эти дефиниции, чтобы сравнить их друг с другом. Нетрудно ощутить, что они различны по объему и структуре. Различаются и сами способы «конституирования» дефиниций взаимодействия. Так, одни философы включали изменение в состав взаимодействия, другие считают изменение результатом взаимодействия [9].

Также многообразны типы состояний взаимодействия.

Жбанкова И. И. относит взаимодействие к «типу состояний» [3]. На наш взгляд, изменение состояний взаимодействующих объектов – результат, следствие взаимодействия. Понятие «состояние» употребляется нами в следующем смысле: «Качественное превращение есть особый способ превращения вещи, при котором данная определенная вещь становится другой вещью во всех отношениях… Качественное изменение состояния вещи означает, что мы имеем дело с той же самой вещью, испытывающей, однако, качественные изменения, не затрагивающие, однако, ту инвариантную часть качественной определенности (или инвариантную часть совокупности свойств), которая делает эту вещь данной вещью. Категория состояния, таким образом, выступает как фундаментальный принцип отождествления вещей: две вещи, качественно одинаковые, могут различаться по своему качественному состоянию…» [10].

Методологический эффект взаимодействия характеризуется следующими своими свойствами:

– объективным характером; чем полнее оно исследуется и учитывается субъектом, тем успешней познавательная и практическая деятельность последнего;

– взаимным изменением связываемых им состояний в форме качественных преобразований или смены состояний, развития объектов и т. п.;

– конкретностью;

– ведущей стороной, с которой начинается каждый новый круг развития;

– моментом взаимопревращений;

– многообразием точек зрения, прежде чем можно будет подытожить совокупный результат;

– интегрирующим фактором.

Особый интерес вызывает проблема социального взаимодействия. Понятно, что на него в той или иной степени и форме экстраполируются только что названные свойства взаимодействия вообще. Вместе с тем социальному взаимодействию присущ целый ряд особенностей.

Тот факт, что действия человека определенным образом оцениваются обществом, отражается в таком социологическом понятии, как социальное взаимодействие, которое подчеркивает ценностный аспект взаимодействия.

Данное понятие трактуется разными социологами и философами. К примеру, Волков Ю. Г., Добреньков В. И., Нечипуренко В. Н., Попов А. В. придерживаются следующего определения термина «Социальное взаимодействие» – «процесс воздействия индивидов, социальных групп или общностей друг на друга в ходе реализации интересов. При этом социальные образования могут выступать объектами взаимных интересов как непосредственно, так и опосредованно. В первом случае выбор индивидами, социальными группами или общностями обусловлен неопосредованно их качествами; во втором – содержание результатами их деятельности как средствами реализации своих потребностей».

Личность совершает определенные действия, которые зависят от ее потребностей и желаний. В то же время потребности и желания – это не единственный фактор, который определяет поступки человека. Практически любое действие социально. С точки зрения общества оно является допустимым или недопустимым, желательным или нежелательным, поощряемым или наказуемым. Большая часть из того, что делает человек, вызывает у других людей отклик – даже тогда, когда, казалось бы, наши действия не имеют к ним никакого отношения. Наши достижения могут вызывать восхищение или зависть, а наши провалы – сожаление или злорадство. И восхищение со стороны других людей может стать для человека важным стимулом для новых достижений. С другой стороны, ожидание того, что человеку будут завидовать, может стать важным поводом для отказа от достижений.

Взаимодействие между людьми может происходить в самых разных формах. С одной стороны, совершая определенные поступки, мы обычно должны учитывать существование других людей. С другой стороны, нас редко не устраивает то, как ведут себя другие люди, например, в том случае, если они не учитывают или ущемляют в своих действиях наши интересы. Тогда мы можем воздействовать на их поведение, пытаясь навязать им такой способ действия, который был бы выгоден нам или, по крайней мере, не приносил бы нам вреда. Именно эти аспекты человеческой жизни отражает понятие социального взаимодействия.

Социальное взаимодействие рассматривается как противоречие в виду различий, в направленности особых интересов индивидов, социальных групп и общностей. Социальное управление, регулируя их положение в системе социальных отношений, обеспечивает разрешение противоречий в процессе *взаимодействия социального*. В результате достигаются согласования особых интересов, отдельных социальных образований, удовлетворение потребностей, развитие социальных качеств [11].

«Социальное взаимодействие» Осипов Г. В. определяет как форму социальной коммуникации (общения) по крайней мере двух лиц или общностей, в которой систематически осуществляется их воздействие друг на друга, реализуется социальное действие каждого из партнеров, достига-

ется приспособление действий одного к действиям другого, общность в понимании ситуации, смысла действий и определяется степень солидарности или согласия между ними.

Маринов М. Б. дает определение: «Интеракция – динамическое взаимодействие и соотношение между двумя и более переменными, когда величина одной переменной влияет на величину других переменных. Интеракция социальная – процесс, при котором индивиды и группы в ходе коммуникации своим поведением влияют на других индивидов и другие группы, вызывая ответные реакции.

Фролов С. С. дополняет: «Помимо межличностного общения в социологии выделяются формы социального взаимодействия, основанные на различных значениях статуса, власти, социального положения, и опосредованные формы социального взаимодействия, предполагающие распределение социальных ролей между партнерами социального взаимодействия и наличие специфических систем ценностей, норм и регулятивов. Под *социальным взаимодействием* понимается система взаимообусловленных социальных действий, связанных циклической зависимостью, при которой действия одного субъекта является одновременно причиной и следствием ответных действий других субъектов.

Маринов М. Б. говорит, что «среди форм социального взаимодействия можно вычленить непосредственный контакт между людьми и опосредованные формы, которые предполагают ряд связующих звеньев и механизмов (язык, различного рода символы, предметы, ценности и др.)».

Смелзер Н. дает определение: «*Социальное взаимодействие* может быть преходящим и устойчивым, частным и публичным, личностным и вещественным, формальным и неформальным, институциализированным и неинституциализированными и др.» [12].

Социальное взаимодействие, как определяет его Радионова С. А., это процесс непосредственного или опосредованного воздействия социальных объектов друг на друга, в котором взаимодействующие стороны связаны циклической причинной зависимостью. Социальное взаимодействие как вид связи представляет интегрированность действий, функциональную координацию их следствий, т. е. систему действий. Оно возникает из совместного участия объектов взаимодействие в сложной, подвижной сети социальных отношений, задавая способы реализации совместной деятельности, оказываясь основанием общественной солидарности. Социокультурные опосредования социального взаимодействия анализируются в различных моделях, акцентирующих его институциональные или коммуникативные следствия. Для Хоманса диадическое взаимодействие (непосредственно личностное) как субстациональный уровень поведения исследуется с позиции теории обмена, исходя из стремления взаимодействующих индивидов к максимизации выгод и минимизации потерь. Понятие обмена потенциально включает в себя любое действие, характеризуя и процессы, происходящие на институциональном уровне. Функцию приведения системы в равновесное состояние выполняет комплекс институционализированных ожиданий, правил обмена. Парсонс рассматривает социальную систему как созданную процедурами взаимодействия индивидов, каждый из которых одновременно и деятель, преследующий собственные цели, и объекты ориентации для других деятелей. Индивидуальные действия направляются взаимосогласованными экспектациями. Социальное действие и взаимодействие оказываются продуктом исполнения ролей, которые деятель получает извне и интернализует.

Введение социальных значений как культурных детерминант, критериев социального взаимодействия позволяет рассматривать действие как детерминируемое характеристиками системы. Эмерджментность социальности, возникающая в ходе взаимодействия, не существующая до и вне этих взаимодействий, представлена интеракционистскими концепциями. В символическом интеракционизме акцент переносится со стандартизированного ролевого поведения на процессы выработки значений, интерсубъектного определения и переопределения ситуации в ходе социального взаимодействия. Социальный мир (*единство Я* и *Другого*) актуализируется в виде интерсубъективного мира значений, повседневно конструируемых посредством общих жестов, символов и языка, и интерпретируется в терминах объективированных и осмысленных экспектаций. Социальные структуры как совокупность схем типизаций, на языке которых возможно понимание и общение, определяет ситуацию индивидуального *Я* через создание способов взаимодействия *Я*» и социального мира – рутинных процедур его интерпретации и конструирования членами общества как объективного для них (феноменологическая социология, этнометодология) [13].

А вообще, социальное взаимодействие (интеракция) – это система взаимообусловленных социальных действий, при которой действия одного субъекта одновременно являются причиной и следствием ответных действий других субъектов.

Мид Дж. Г. и Блумер Г. определяют социальное взаимодействие как «процесс воздействия субъектов друг на друга, в котором каждое действие обусловлено как предыдущим действием, так и ожидаемым результатом со стороны другого». Обязательное условие для социального взаимодействия – обратная связь [14], говоря иначе, это обмен действиями, которые сопряжены друг с другом. Именно сопряженность действий, их во-

зобновляемость, регулярность отличают социальное взаимодействие от единичных социальных контактов, делают его основой социальной жизни.

Касьянов В. В. – социолог – утверждает, что именно «социальное взаимодействие отражает динамический, процессуальный аспект жизни общества. По этой причине подход с точки зрения социального взаимодействия может рассматриваться как дополнение к описанию общества как статического образования».

Социальные взаимодействия могут классифицироваться по самым различным категориям. Так, Сорокин П. А. разграничивал их следующим образом:

– по количеству субъектов взаимодействия – на взаимодействие двух индивидов, одного и многих, многих и многих индивидов;

– продолжительности – на кратковременные и долговременные;

– характеру – на односторонние и многосторонние;

– организованности – на организованные и неорганизованные;

– сознательности – на сознательные и стихийные;

– «материи» обмена – на интеллектуальные (идейные), чувственно-эмоциональные и волевые.

Социальные взаимодействия, как и все виды социальной связи, могут быть непосредственными и опосредованными. Первые возникают в ходе межличностного общения, вторые – в результате совместного участия людей в сложных системах (так, предприниматель, изменяющий оплату труда, включается в процесс взаимодействия со всеми рабочими, в том числе и с теми, об индивидуальном существовании которых он даже не знает).

Выделяются также два типа социального взаимодействия: сотрудничество и соперничество. Сотрудничество предполагает наличие общих, совместных целей. Оно проявляется во множестве конкретных взаимоотношений между людьми (деловое партнерство, политический альянс, торговый союз, движение солидарности и т. д.) и строится на основе взаимоподдержки, взаимопомощи, признательности, уважения, стремления учитывать интересы партнера. Особой формой сотрудничества является кооперация, основу которой составляет социальный обмен услугами – материально-хозяйственными, интеллектуальными, образовательными, управленческими и др.

Соперничество предполагает наличие единого неделимого объекта притязаний субъектов взаимодействия (авторитет, голоса избирателей, территория, властные полномочия и т. д.). Оно характеризуется стремлением опередить, отстранить, подчинить или уничтожить соперника. Соперничество может принимать вид конкуренции и конфликта. Конкуренция – это соперничество, при котором субъекты взаимодействия пытаются только опередить друг друга (например, предложить более качественный или дешевый товар). Конкуренция не обязательно знание конкретного соперника (например, участие в творческом конкурсе, спортивных соревнованиях и т. д.). Даже если соперник известен, то главное – добиться лучших результатов на данном поприще. Конфликт – это всегда прямое столкновение соперников. В отличие от конкуренции для конфликта характерны знание соперника и ожидание ответных действий с его стороны.

Рассматривая сотрудничество и соперничество как основные типы социального взаимодействия, современная социология избегает крайностей в их оценке. Так, конфликтологи Зиммель Г., Дарендорф Р., Козер Л., Локвуд Д. признают пользу соперничества и рассматривают конфликты как источник развития системы социальных взаимодействий.

На основе социальных взаимодействий формируются социальные отношения, которые являются необходимой предпосылкой образования различных социальных групп и общностей. Социальные отношения – это устойчивая система взаимодействий, предполагающая определенные взаимные обязательства партнеров.

Социальные отношения отличаются продолжительностью, систематичностью, самовозобновляющимся характером. Так, когда говорят о межгосударственных отношениях, то имеют в виду сложившуюся и воспроизводящуюся систему отношений между странами как в сфере хозяйственно-экономической, так и в политической, культурной, научной и др.

По своему содержанию социальные отношения чрезвычайно многообразны. Это определяется прежде всего необычайно широким диапазоном тех целей и ценностных ориентаций, которыми руководствуются в своих взаимоотношениях социальные субъекты (богатство, власть, престиж, справедливость, дружба и др.).

Среди социальных отношений особое место занимают отношения зависимости, поскольку они пронизывают все системы социальных связей и отношений. Социальная зависимость может принимать формы структурной и латентной (скрытой) зависимости.

Первая связана с различием статусов в группе, что характерно для организации, где подчиненные зависят от руководителя. Вторая возникает из-за обладания социально-значимыми ценностями независимо от официального статуса (так, руководитель может иметь подчиненного, от которого зависит в денежном отношении).

Наибольший интерес среди социальных отношений зависимости представляют властные отношения, в социологическом объяснении которых существуют два взаимных подхода. Первый подход связан с именем Вебера М. и акцентирует

внимание на личностных способностях одних людей контролировать действиях других. Второй подход, называемый «системным», вытекает из того, что основой власти в организационном сложном обществе является официальный статус руководителя, заставляющий других подчиняться ему независимо от личностных качеств руководителя и подчиненных.

Социальные отношения охватывают очень широкий круг социальных систем и подсистем. Они могут быть экономическими, политическими, правовыми, профессиональными, семейно-родственными, национально-этническими, религиозными, социокультурными и др. Из этого многообразия социальных отношений социологи-марксисты выделяют две группы: материальные и идеологические. К первым относятся экономические, производственные, а также материальные отношения людей к природе; ко вторым – политические, правовые, нравственные, эстетические, религиозные и другие при этом идеологические отношения представляют собой надстройку над материальными общественными отношениями. Социальные отношения являются тем устойчивым элементом, на основе которого возникают различные социальные общности людей.

Социальные отношения, по выводу Гарфинкеля Г., Гофмана И., Мида Дж. Г., Блумера Г. – это «взаимодействия, которые в той или иной степени осознаются индивидами как повторяющиеся, а следовательно, устойчивые».

Будякова С. Н. доказывает, что «…прежде всего, социальное взаимодействие немыслимо без „участия“ сознания. Конечно, уровень сознания может быть самым различным, но независимо от этого мы имеем дело с феноменом, которому присущ объективно-субъективный характер…».

Объективная сторона социального взаимодействия образуется, во-первых, тем, что оно происходит в определенных условиях, существующих вне зависимости от воли участников взаимодействия; во-вторых, поскольку этих участников не менее двух, взаимодействие нередко выступает как процесс до конца не контролируемый ни одним из них. Субъективная сторона социального взаимодействия связана с тем, что взаимодействующие стороны наделены сознанием и пользуются им. В границах конкретного взаимодействия это сознание может быть более или менее суверенным, может проявляться в форме стихийной или сознательной деятельности, но оно имманентно социальному взаимодействию, так или иначе влияет на его характер.

Это объясняется тем, что социальное взаимодействие есть взаимодействие между социальными субъектами – личностями, группами, общностями. Оно может осуществляться или прямо, непосредственно, или опосредованно, может иметь разное содержание, может изменяться, но сущность его всегда межсубъектна. Разумеется, в социальном взаимодействии есть ведущая сторона. С этой точки зрения его можно представить как субъект-объектное отношение. Но представляя одну сторону социального взаимодействия субъектом, а другую – объектом, мы не отменяем субъектной природы последнего. Объект в социальном взаимодействии – это контрсубъект. Гегель Г. о сторонах взаимодействия писал: «… каждая из них есть относительно другой *в одно и то же время* и активная, и пассивная субстанция…» [15].

В социальном взаимодействии приобретается особое значение, так как пассивность здесь означает не бессубъектность, а нечто иное: низкий уровень развития субъекта, специфику его положения относительно более активного субъекта и т. д.

Наконец, важной особенностью социального взаимодействия является принципиальное значение вопроса об основе взаимодействия. Напомним, что диалектический материализм отнюдь не сводит эту основу просто к экономическому фактору, так как Ф. Энгельс писал: «Политическое, правовое, философское, религиозное, литературное, художественное развитие основано на экономическом развитии. Но все они оказывают влияние друг на друга и на экономический базис. Дело обстоит совсем не так, что только экономическое положения является причиной, что только оно является активным, а все остальное – лишь пассивное следствие. Нет, тут взаимодействие на основе экономической необходимости, в конечном счете всегда прокладывающей себе путь…» [16].

Эти положения имеют не только общее, но и специальное значение, ибо позволяют правильно поставить ряд вопросов о социальном взаимодействии. Во-первых, это вопрос о конкретном подходе к определению основы последнего. Во-вторых, это вопрос о степени влияния социального взаимодействия на общественную жизнь. Вслед за Гегелем Плеханов Г. В считал, что «взаимодействие далеко не объясняет нам общественных явлений», ибо является лишь моментом развития [17].

На наш взгляд, отсюда следует постановка задачи повышения эффективности социального взаимодействия, поиска соответствующих условий, механизмов. С этой точки зрения обобщающей особенностью социального взаимодействия является то, что им (социальным взаимодействием) можно и нужно управлять.

Задачи управления социальным взаимодействием состоят в том, чтобы использовать социальное взаимодействие как фактор функционирования и развития общества и его подсистем. Для этого необходимо изучить генезис и возможности

сторон взаимодействия, перспектив их изменения, особенностей соединения и взаимовлияния, способы извлечения максимального эффекта.

Характерно, что в разных источниках содержаться фрагменты такого подхода. Так, Кемеров В. Е. обращает внимание на то, что взаимодействие оказывается не исходным, а повторяющимся моментом, поддерживающим устойчивость социальных форм, т. е. подчеркивает значение взаимодействия для функционирования общества. Однако знаменитое выражение Энгельса о том, что взаимодействие является истинной конечной причиной вещей, имеет не только философское, но и ряд других значений. Симптоматичны размышления Жбанковой И. И. о «начале» взаимодействия. Но начало имеет продолжение, т. е. становление, развитие. Развитие социального взаимодействия, есть разрешающееся тем или иным способом противоречие. Данные теоретические исследования связаны с работами Ломова Б. Ф., Мясищева В. Н., Пригожина Л. И., Фролова И. Т., Чусовитина Л. Г., Жбанковой И. И.

Поскольку речь идет об управлении взаимодействием социальных субъектов, закономерно встает вопрос о соблюдении их интересов и о гуманитарном аспекте рассматриваемых проблем в научных исследованиях.

Завершая, считаем необходимым подчеркнуть, что свою задачу мы видим в том, чтобы осуществить анализ конкретного социального взаимодействия в соответствии с требованиями методологического принципа взаимодействия, не допуская отступлений от этих требований.

Библиографический список

1. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. М. : Азбуковник, 1999. С. 112.

2. Философия. Краткий тематический словарь. Ростов н/Д : Изд-во Феникс, 2001. С. 54.

3. Жбанкова, И. И. Проблема взаимодействия (философский очерк) / И. И. Жбанкова. Минск : Звезда, 1971. С. 34–35.

4. Философский энциклопедический словарь. М. : Мысль, 1983. С. 70.

5. Современный философский словарь. М. : Бишкек ; Екатеринбург, 1996. С. 18.

6. Философская энциклопедия. М. : Наука, 1960. Т. 1. 250 с.

7. Кондаков, Н. И. Логический словарь / Н. И. Кондаков. М. : ЛИСС, 1971. С. 19.

8. Философский энциклопедический словарь. М. : Наука, 1983. 81 с.

9. Белик, А. П. Социальная форма движения / А. П. Белик. М. : Гардарики, 1982. С. 41–42.

10. Панцхава, И. Д. Диалектический материализм в свете современной науки / И. Д. Панцхава, Б. Я. Пахомов. М. : МИСС, 1971. 136 с.

11. Социология: Краткий тематический словарь / под общ. ред. Ю. Г. Волкова. Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 2001. 320 с.

12. Социология: Краткий тематический словарь / под. общ. ред. Ю. Г. Волкова. Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 2001. С. 187.

13. Радионова, С. А. Социальное взаимодействие / С. А. Радионова // Социология. Энциклопедия / сост. А. А. Грицанов и др. – Минск : Книжный Дом, 2003. С. 965.

14. Касьянов, В. В. Социология / В. В. Касьянов. Ростов н/Д. : Изд-во «Феникс», 2002. С. 281–287. (Сер. «Высший балл»).

15. Гегель, Г. В. Ф. Наука логики / Г. В. Ф. Гегель. М. : Политиздат. 1971, Т. 2. С. 222.

16. Энгельс, Ф. Письмо В. Боргиусу. 25 января 1894 г. / Ф. Энгельс, К. Маркс. Соч. Т. 39. М. : Наука, С. 175.

17. Чагин, Б. А. Разработка диалектики в трудах соратников и последователей Маркса и Энгельса / Б. А. Чагин // История марксистской диалектики. От возникновения марксизма до ленинского этапа. М. : Наука, 1971. С. 298.

O. A. Vrublevskaya

ABOUT THE ESSENCE OF THE NOTION «SOCIAL INTERECTION» IN SCIENCE RESEARCHES

It is considered the essences of the notion «interaction» and «social interaction» and also their development. It is given many interpretations of this term from scientific works. It is cleared up the methodological effect of interaction and pointed out two main types of interaction – cooperation and competition, and kinds of social interaction. There is the conclusion about the essences of this notion in science.

УДК 378

Г. М. Гринберг

МНОГОФАКТОРНЫЙ И МНОГОСТУПЕНЧАТЫЙ СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ

Рассмотрены вопросы разработки и внедрения в учебный процесс новых форм и методов обучения, направленных на повышение творческой активности студентов и повышение качества подготовки специалистов. Обоснован выбор деловой игры – одной из разновидностей активных методов обучения, позволяющей в наибольшей степени активизировать познавательную деятельность студентов при изучении дисциплин специальности. Предложен модульный принцип построения деловой игры, заключающийся в том, что ряд дисциплин определенным образом сгруппированы в модуль и активизация познавательной деятельности студентов происходит на протяжении изучения всех дисциплин этого модуля.

Повышение эффективности подготовки специалистов на основе внедрения новых прогрессивных форм и методов обучения – важная задача, стоящая перед педагогами. Известно, что необходимым условием успешности обучения является активность обучающихся, которая реализуется через их деятельность. Такой учебный процесс, ориентированный на организацию активной деятельности обучаемых, обеспечивает более эффективную подготовку специалиста.

Таким образом, применение системы активных методов обучения, разработанной и совершенствуемой в зависимости от особенностей конкретных учебных ситуаций, является одним из ключевых элементов в реализации управления накоплением и развитием навыков и знаний индивидов для активной самореализации.

К методам активного обучения относятся такие методы, при которых каждый обучаемый вынужден активно добывать, перерабатывать и реализовывать учебную информацию, представленную определенной дидактической форме, обеспечивающей объективно существенно лучшие, по сравнению с традиционными способами, результаты обучения практической деятельности.

Активные методы обучения включают любые способы, приемы, инструменты, разработки по проведению и совершенствованию процесса обучения чему-либо, которые отвечают следующим требованиям:

– приоритета характеристик, запросов, особенностей обучающихся в разработке и организации процесса обучения;

– сотрудничества обучающихся и преподавателя (в данном смысле – инструктора, координатора обучения) в планировании и реализации всех этапов процесса обучения: от определения учебных целей до оценки степени их достижения;

– активного, творческого, инициативного участия обучающихся в процессе получения необходимого им результата обучения;

– максимальной приближенности результатов обучения к сфере практической деятельности обучающихся, пригодность результатов к практическому внедрению, развитию и совершенствованию после окончания обучения;

– развития наряду со специфическими изучаемыми навыками, приемов эффективного обучения [1].

Одним из эффективных методов подготовки квалифицированных кадров, получившим широкое распространение среди других форм обучения, являются деловые игры.

По определению Р. Ф. Жукова, В. И. Рыбальского и др., деловая игра – это «моделирование конкретной ситуации или избранных ее аспектов, выполняемое в соответствии с заранее определенными правилами, исходными данными и методиками». Моделирование профессиональной работы инженера в производственном коллективе посредством организованной по определенным правилам учебной игры позволит лучше подготовить студентов к оптимальной производственной деятельности, уменьшит для них степень новизны и неожиданности вероятных производственных ситуаций.

Деловые игры представляют собой метод обучения, наиболее близкий к реальной профессиональной деятельности обучающихся. Преимущество деловых игр состоит в том, что, являясь моделью реальной организации, они одновременно дают возможность значительно сократить операционный цикл и тем самым продемонстрировать участникам, к каким конечным результатам приведут их решения и действия. В условиях деловых игр создаются исключительно благоприятные возможности для творческого и эмоционального включения участников в отношения, подобные действительным отношениям на производстве. В игре происходят быстрое пополнение знаний, дополнение их до необходимого минимума, практическое освоение навыков проведения экспериментов и принятия решений в условиях реального взаимодействия с партнерами [2].

Деловые игры являются одним из признанных методов коллективного обучения. Они бывают исследовательскими, производственными и учебными. Главная цель и смысл последних – подготовка специалистов, их тренировка, развитие профессиональных умений и навыков до максимально возможного уровня.

Деловые игры, используемые в учебном процессе, обладают широкими дидактическими возможностями, поскольку они обеспечивают достижение следующих результатов:

– закрепление и комплексное применение знаний, полученных при изучении разных дисциплин (интеграционная роль игр);

– формирование четкого представления о профессиональной деятельности в избранной специальности;

– развитие навыков эффективного управления реальными процессами, в том числе с помощью современных математических методов и технических средств.

Теория и практика разработки и проведения деловых игр основывается на следующих принципах: нацеленности всех элементов игры на решение изучаемой в ней проблемы; автономности тем и фрагментов деловой игры; наглядности и простоты модели игры; возможности дальнейшего совершенствования ее конструкции.

В соответствии с теорией контекстного обучения А. А. Вербицкого, разработка деловой игры должна основываться на следующие психолого-педагогических принципах:

– имитационного моделирования конкретных условий и динамики производства;

– проблемности содержания имитационной модели: в процессе игры должны возникать конфликтные ситуации, требующие коллективного разрешения;

– ролевого взаимодействия участников в совместной деятельности;

– диалогического общения во время игры: коллективное мышление порождается только во время диалога участников;

– двуплановости игровой учебной деятельности: достижение поставленных игровых целей не только служит целям обучения, но и способствует общему и профессиональному развитию личности специалиста.

В концепции контекстного обучения деловая игра рассматривается как коллективная форма взаимодействия участников на основе имитационной модели, создающей производственный и социальный контекст будущей профессиональной деятельности. В соответствии с этой концепцией на кафедре систем автоматического управлении Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева в рамках учебной дисциплины «Испытания систем управления летательных аппаратов» (ИСУЛА) организуется одноименная деловая игра ИСУЛА. Деловая игра ИСУЛА разработана на основе двух моделей: имитационной модели производства и игровой модели профессиональной деятельности. Тем самым достигается двуплановость игровой учебной деятельности, а именно: достижение поставленных игровых целей не только служит целям обучения, но и способствует общему и профессиональному развитию личности специалиста.

Имитационная модель включает педагогические цели, предмет игры, графическую модель ролевого взаимодействия участников, систему оценивания.

Игровая модель содержит игровые цели, комплект ролей и функций игроков, сценарий игры и ее правила.

В качестве объекта имитации в деловой игре ИСУЛА взят отдел автономных испытаний (ОАИ) Федерального государственного унитарного предприятия «Красмашзавод», являющегося для Сибирского государственного аэрокосмического университета базовым предприятием. Отдел автономных испытаний выполняет работу по поставке, приемке и контролю продукции производственно-технического назначения (рис. 1).

Исходя из задач профессиональной деятельности инженера по направлению подготовки дипломированного специалиста 160400 «Системы управления движением и навигация», обозначенных в Государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования, выпускник должен уметь, в соответствии с фундаментальной и специальной подготовкой, выполнять следующие виды профессиональной деятельности:

– научно-исследовательскую;

– проектно-конструкторскую;

– организационно-управленческую;

– производственно-технологическую.

Объектами профессиональной деятельности выпускников кафедры систем автоматического управления являются приборы и системы ориентации и управления, пилотажно-навигационные и электроэнергетические комплексы летательных аппаратов (ЛА), методы их исследования, принципы и способы их проектирования и производства, методы и средства испытаний и контроля приборов, систем и комплексов в целом.

Многофакторность в обучении студентов обусловливает применение методики преподавания, требующей при изучении учебных дисциплин выполнения ряда последовательных действий, которые имеют научно-исследовательский, проектно-конструкторский, организационно-управленческий и производственно-технологический характер.

Выполнение их действий становится возможным при использовании описанного ниже модульного принципа построения деловой игры. Суть этого принципа заключается в том, что активизация познавательной деятельности студентов происходит на протяжении изучения всего модуля дисциплин, взаимосвязь которых определяется конструкцией деловой игры.

Конструкция деловой игры ИСУЛА строится на основе следующих соображений. Испытания – это многофакторный и многоуровневый процесс, состоящий из многих операций (подготовительных, непосредственно испытательных, обслуживающих, заключительных), подразумевающих участие определенного круга категорий работников производственных и технических служб отдела автономных испытаний, начиная от руководителя службы и кончая непосредственно испытателями. В процессе выполнения функциональных задач по поставке, приемке и контролю продукции производственно-технического назначения реальный отдел автономных испытаний взаимодействует с другими отделами (рис. 2).

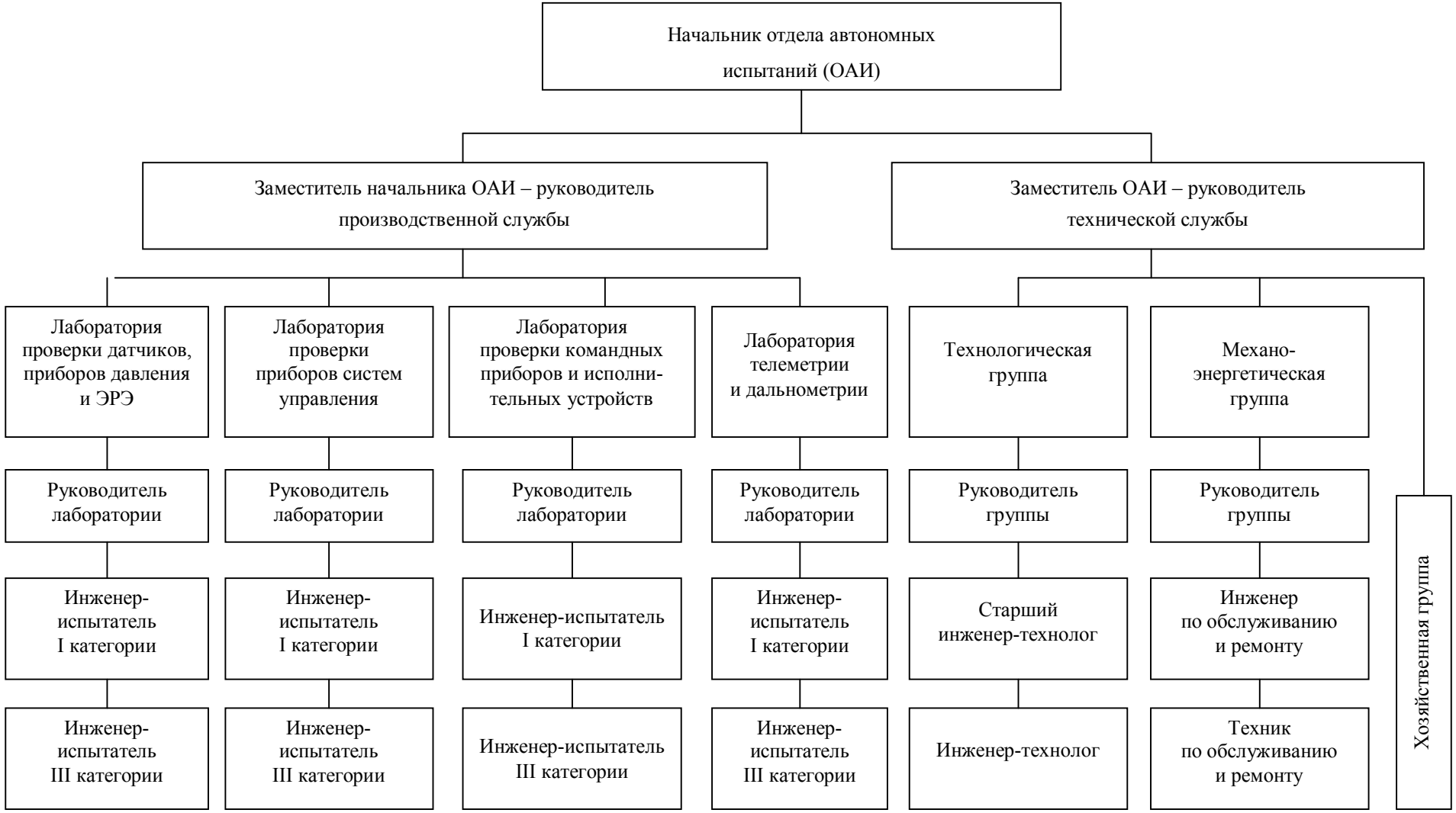


Рис. 1. Схема отдела автономных испытаний

Рис. 2. Схема взаимоотношений отдела автономных испытаний с подразделениями предприятия

Имитация этих взаимоотношений в игровом отделе автономных испытаний производится путем подключения к игре соответствующих учебных дисциплин. На схеме взаимоотношений ОАИ с подразделениями предприятия каждый отдел предприятия, с которым взаимодействует ОАИ, изображен прямоугольником (см. рис. 2). В этом же прямоугольнике ниже названия отдела, работа которого имитируется в игре, приведено название учебной дисциплины, соответствующей этому отделу. Взаимосвязанные отделы предприятия и учебные дисциплины, а также связанные с ними модули деловой игры и решаемые учебные задачи приведены в таблице.

При организации обучения в форме деловой игры ИСУЛА достигаются следующие педагогические цели:

– студенты изучают работу лабораторий отдела автономных испытаний (ЛОАИ) базового предприятия;

– знакомятся с методикой проведения испытаний, приобретают навыки выполнения служебных обязанностей различных категорий должностных лиц ЛОАИ;

– обучаются анализу исходных данных и данных, полученных в процессе проведения испытаний, знакомятся с основными формами документов отдела;

– приобретают навыки принятия решений в процессе работы ЛОАИ и проведения испытаний, а также в случаях возникновения непредвиденных и проблемных ситуаций, происходит тренинг командных методов коллективного мышления и принятия решений.

Связь отделов предприятия с изучаемыми дисциплинами, работа которых моделируется в процессе проведения деловой игры

Отдел предприятия	Учебная дисциплина	Модули деловой игры и решаемые учебные задачи
Отдел втономных испытаний	Испытания систем управления летательных аппаратов	Модуль проведения испытаний (моделирование условий испытаний приборов и устройств систем управления летательных аппаратов, изучение и подготовка к работе стендов и аппаратуры, имитирующих условия эксплуатации приборов и устройств, определение характеристик приборов и устройств при испытаниях)
Отдел труда и заработной платы	Организация и планирование производства	Модуль разработки организационных документов (положения о лаборатории автономных испытаний, должностных инструкций работников ОАИ)
Отдел охраны труда	Безопасность жизнедеятельности	Модуль обеспечения мер безопасности при испытаниях (разработка инструкций по охране труда при проведении испытаний, по пожарной безопасности и пр.)
Отдел технического контроля	Испытания систем управления летательных аппаратов	Модуль подготовки к проведению испытаний (построение схем, методик испытаний приборов и устройств систем управления летательных аппаратов, моделирование условий их эксплуатации, контроль испытательного оборудования)
Отдел главного конструктора	Информационно-измерительные системы и устройства летательных аппаратов	Модуль разработки технической документации (технические описания и инструкции по эксплуатации датчиков, приборов давления, электро- и радиоэлементов, приборов систем управления, командных приборов и исполнительных устройств)
Отдел стандартизации и нормализации	Метрология, стандартизация и нормализация	Модуль разработки, поиска и использования технической документации, регламентирующей стандартизацию проведения автономных проверок приборов, систем, устройств, датчиков, электро- и радиоэлементов (ГОСТов, ОСТов, технических условий, нормалей, инструкций и пр.)
Отдел главного технолога	Технология изготовления приборов	Модуль технологического обеспечения процесса испытаний (выбор и обоснование технологии проведения испытаний, разработка технологических процессов проведения испытаний и контроля работоспособности приборов и устройств систем управления летательных аппаратов)
Отдел главного метролога	Метрология, стандартизация и нормализация	Модуль метрологического обеспечения процесса испытаний (выбор и обоснование выбора измерительных приборов и оборудования, решение организационных, научных и методических вопросов метрологического обеспечения процесса испытаний, измерения и обработки результатов)

Окончание таблицы

Отдел предприятия	Учебная дисциплина	Модули деловой игры и решаемые учебные задачи
Отдел механизации и автоматизации	Испытания систем управления летательных аппаратов	Модуль автоматизации испытаний (направления автоматизации испытаний; методы сбора, передачи и обработки информации; состав, структура, элементы и технические средства контрольно-испытательных систем)
Отдел надежности	Надежность систем автоматического управления	Модуль определения надежности испытываемых объектов (использование результатов проведенных испытаний для расчета основных показателей надежности испытываемых объектов, определение основных факторов, влияющих на их надежность, выработка рекомендаций и методов, направленных на повышение надежности)
Отдел нестандартного оборудования	Технология изготовления приборов	Модуль обеспечения нестандартным испытательным оборудованием (проектирование испытательных стендов и приспособлений, выбор и обоснование выбора специальных испытательных приборов и оборудования, решение организационных, научных и методических вопросов обеспечения процесса испытаний)

Кроме того, у студентов повышается уровень применения теоретических знаний на практике: они получают навыки коллективного взаимодействия при выполнении работ и решении проблемных ситуаций.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что деловая игра в высшем техническом образовании является тем интегральным методом обучения и контроля, который в условиях, приближенных к реальным, который сможет объективно выявить подготовленность будущего специалиста к предстоящей профессиональной деятельности. А деловая игра, организованная по представленной выше схеме, позволит будущим специалистам овладеть профессиональными навыками проведения производственных испытаний, подготовиться к взаимодействию со своими коллегами по будущей работе, познакомиться со структурой и задачами, решаемыми различными производственными подразделениями базового предприятия.

Деловая игра ИСУЛА обеспечению дидактического и методического единства учебного процесса, интеграции учебных дисциплин в рамках деловой игры, преемственности и непрерывности содержания курсов дисциплин учебного плана с позиции формирования профессиональных знаний, навыков и умений выпускников. Игра также способствует более тесной интеграции преподавателей различных дисциплин, поскольку они становятся участниками деловой игры, заинтересованными в результате ее проведения.

Библиографический список

1. Оганесян, И. Управление персоналом организации : учеб. пособие / И. Оганесян. Минск : Амалфея, 2000. 256 с.

2. Активные методы обучения персонала [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа : http://monax.ru/ order/00010306. Загл. с экрана.

G. M. Grinberg

MULTIFACTOR AND MULTISTAGE TECHNIQUE OF BUSINESS GAME ORGANIZATION

It is considered the problems of development and application of the new educational forms and methods, directed toward increasing the students' creative activity and specialists' training quality. The choice of business game as one of the active training forms is proven. A business game allows to stimulate the students' cognitive activity disciplines of specialization studying at. A modular approach to business game building is suggested. The essence of it is: some disciplines are grouped in a certain way in a module and cognitive process activation takes place all the time of studying the certain module disciplines.

УДК 504.064:550.4(571.1)

Ю. Б. Дворецкая

ВЫЯВЛЕНИЕ АССОЦИАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕПИ «ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ – ТЕХНОГЕННЫЙ ПОТОК – ДЕПОНИРУЮЩАЯ СРЕДА» НА ПРИМЕРЕ АЧИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Рассмотрено состояние окружающей среды города Ачинска. Наиболее мощным источником техногенного воздействия является Ачинский глиноземный комбинат (АГК). Факторным анализом выявлены ассоциации химических элементов в основном сырье АГК (уртитах), почвах, снеговом покрове, поверхностных и подземных водах. Установлено, что корреляционные связи химических элементов, выявленные в уртитах, частично сохраняются в техногенных потоках и депонирующих средах.

Длительное и интенсивное развитие промышленного производства и расширение городской черты города Ачинска привело к существенному изменению окружающей среды. Крупнейшие предприятия города: Ачинский глиноземный комбинат (АГК), Ачинский нефтеперерабатывающий завод (АНПЗ) и объединение стройиндустрии составляют мощный промышленный узел. Производство алюминия в целом и производство глинозема в частности является одним из серьезнейших источников техногенного преобразования природной среды. Выбросы в атмосферу и складируемые жидкие и твердые отходы глиноземного производства оказывают воздействие на все ее компоненты: атмосферный воздух, почвы, поверхностные и подземные воды.

Для оценки техногенных изменений, происшедших в окружающей среде, в 90-х гг. XX в. было выполнено эколого-геохимическое картирование города Ачинска на основе методических разработок Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) [1] и работы [2]. Для проб брались почвы до глубины 0,1…0,2 м, снеговой покров перед началом снеготаяния, поверхностные и подземные воды. Всего было отобрано 1 900 проб почвы, 340 проб снега, 54 пробы речных вод, обследовано 34 водозабора подземных вод и взята 21 проба для изучения химического состава промышленных стоков АГК.

Пробы поверхностных и подземных вод, а также фильтрат снеговых вод анализировались гидрохимическим методом, почвы, снеговая пыль и сухой остаток воды – атомно-эмиссионным полуколичественным анализом на 40 элементов.

Обработка геохимической информации проводилась следующими методами:

– вариационной статистики;

– графической обработки данных;

– анализа пространственного распределения химических элементов;

– факторного анализа.

Первые три метода являются традиционными при геоэкологических исследованиях: метод вариационной статистики позволяет определять однородность распределения элементов, рассчитывать средние содержания химических элементов, максимальные и минимальные значения, стандартное отклонение, коэффициент вариации и встречаемость элементов; графическая обработка применяется для представления результатов статистической обработки данных; анализ пространственного распределения химических элементов используется для построения моноэлементных карт.

Четвертый метод – метод факторного анализа – рассмотрим более подробно. Практически все химические элементы входят в состав различных природных и техногенных соединений или находятся либо в виде самостоятельных минералов, либо в виде изоморфных примесей к породообразующим элементам, образуя геохимические ассоциации. Формирование этих ассоциаций в городской среде происходит в результате сложных геохимических процессов взаимодействия техногенного вещества с природным веществом первичных ландшафтно-почвенных комплексов. В результате этих процессов из первичных природных и техногенных ассоциаций элементов формируются сложные природно-техногенные ассоциации. В районах интенсивного техногенного преобразования природной среды техногенные геохимические ассоциации элементов подавляют природные, играя ведущую роль в компонентах природной среды города. Для изучения корреляционных связей между химическими элементами и выявления природы геохимических ассоциаций и использовался факторный анализ.

Факторный анализ способствует свертыванию информации, получению минимального количества переменных, которые являются линейными комбинациями исходных данных. Математическая модель факторного анализа выражается в формировании из корреляционной матрицы, полученной на основе наблюдаемых данных, нескольких гипотетических переменных, называемых факторами, которые, как считается, сохраняют всю существенную информацию исходных данных [3]. Одним из видов факторного анализа является метод главных факторов, который позволяет не только уменьшить число переменных, но и классифицировать их. Применение факторного анализа для обработки данных по геоэкологии

позволяет изучать корреляционные связи между элементами – индикаторами загрязнения с последующим выявлением причинно-следсвенных связей между источником загрязнения и компонентами природной среды.

Для проведения факторного анализа использованы данные силикатного анализа макрокомпонентов и рентген-флюорисцентного анализа микрокомпонентов уртитов Кия-Шалтырского месторождения, которое получены при проведении научно-исследовательских работ по изучению золотоплатиноносности нефелиновых пород Западной Сибири, проведенных сотрудниками кафедры геологии, минералогии и петрографии (ГМиП) Государственного университета цветных металлов и золота А. М. Сазоновым, С. И. Леонтьевым, Е. А. Звягиной и др. [4].

В результате обработки анализов 348 проб рассчитана корреляционная матрица (табл. 1), статистически значимый коэффициент корреляции $r_к$ при доверительной вероятности 99 % равен 0,18.

Таблица 1

Факторная структура уртитов

Компонент	Фактор							
	1	2	3	4	5	6	7	8
63 %	16 %	8 %	8 %	8 %	6 %	6 %	6 %	5 %
ППП	–0,38	–0,57	–0,09	0,02	0,18	0,00	0,00	-0,09
AL_2O_3	0,73	0,08	0,00	0,07	0,03	0,08	–0,07	0,05
SIO_2	0,09	0,80	0,02	0,08	0,10	–0,02	–0,06	–0,08
Fe_2O_3	–0,46	0,35	0,19	0,00	–0,05	–0,02	0,02	0,30
CaO	–0,56	–0,30	0,03	–0,14	–0,21	–0,05	0,01	–0,04
Na_2O	0,75	0,02	–0,06	0,01	–0,09	0,05	–0,05	0,00
K_2O	0,64	0,05	–0,09	0,04	0,24	0,08	0,09	–0,14
MgO	–0,18	0,06	0,04	0,00	0,23	–0,28	–0,07	–0,01
SO_3	–0,04	0,06	0,26	–0,06	–0,06	–0,05	0,01	–0,02
Ga	–0,01	0,10	0,08	0,77	–0,08	0,01	–0,06	0,09
Rb	0,05	0,00	–0,10	0,74	0,09	0,06	–0,05	–0,17
Mn	–0,09	0,07	0,03	0,07	0,08	–0,02	0,09	0,70
Ni	–0,11	–0,02	0,55	0,02	0,42	–0,19	0,25	0,09
Sr	0,07	0,00	–0,01	0,07	–0,03	0,65	–0,09	–0,01
Cr	0,02	0,03	–0,04	–0,02	0,63	–0,03	0,08	–0,01
Co	0,08	–0,03	0,10	–0,04	0,05	–0,01	0,45	–0,06
Pb	0,13	0,00	–0,07	0,04	0,04	0,28	0,15	–0,29
Cu	–0,03	0,04	0,81	0,03	0,00	0,10	0,09	–0,01
Zn	–0,03	0,01	–0,08	–0,03	–0,01	0,46	0,55	–0,03
As	–0,10	0,03	0,08	–0,04	0,08	–0,12	0,44	0,07
Матрица межфакторных корреляций								
Фактор	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0,23	–0,15	0,36	–0,16	0,25	0,01	–0,23
2	0,23	1	0,14	0,11	0,12	0,01	0,00	0,17
3	–0,15	0,14	1	–0,05	0,03	–0,04	0,14	0,03
4	0,36	0,11	–0,05	1	–0,02	0,01	0,00	0,18
5	–0,16	0,12	0,03	–0,02	1	–0,02	0,00	0,07
6	0,25	0,01	–0,04	0,01	–0,02	1	–0,26	–0,02
7	0,01	0,00	0,14	0,00	0,00	–0,26	1	0,11
8	–0,23	0,17	0,03	0,18	0,07	–0,02	0,11	1

После вращения факторного пространства доля объясненной дисперсии составила 63 %. Далее производился расчет выделенных восьми факторов с содержательной интерпретацией, представленной ниже.

Фактор 1:

$$F_1 = \frac{(Na_2O)_{0,75}(Al_2O_3)_{0,73}(K_2O)_{0,64}}{(CaO)_{0,56}(Fe_2O_3)_{0,46}(ППП)_{0,38}(MgO)_{0,18}}$$

Фактор объединяет макрокомпоненты уртитов, доля объясненной дисперсии составляет 16 %. Положительная часть фактора (числитель) объединяет петрогенные компоненты Na_2O–Al_2O_3–K_2O, характеризующие состав нефелина – основного минерала уртитов. Отрицательная часть фактора (знаменатель) объединяет CaO, Fe_2O_3 и MgO, являющиеся макрокомпонентами титанавгита, доля которого в уртитах составляет 10…15 %, а также потери при прокаливании (ППП). Кремнезем входит как в состав нефелина, так и титанавгита, и положительно коррелирует со всеми макрокомпонентами, поэтому не может входить ни в числитель, ни в знаменатель фактора, образуя собственный фактор.

Фактор 2: $F_2 = \frac{(SiO_2)_{0,8}(Fe_2O_3)_{0,35}}{(ППП)_{0,57}(CaO)_{0,3}}$

Как и в предыдущем факторе, здесь выделяются положительная и отрицательная части. Положительная часть состоит из кремнезема и оксида железа, между которыми наблюдается незначительная положительная корреляция ($r_к$ = 0,15). Среднее содержание кремнезема в уртитах составляет 39,8 % при колебаниях от 24 до 45,9 %. Повышенное содержание SiO_2 и Fe_2O_3 отмечено в основных вулканитах, скарнах и роговиках. Отрицательную часть фактора составляют потери при прокаливании и CaO. Следует отметить, что потери при прокаливании положительно коррелируют только с CaO. Максимальные значения ППП приурочены к краевым частям уртитового тела, что позволяет связать эти максимумы с гидротермальными процессами. Следовательно, на участках приконтактового скарнирования уртитов и вмещающих пород, представленных известняками, происходит их обогащение летучими компонентами (H_2O, P, F, Cl, S, C).

Фактор 3: $F_3 = (Cu)_{0,8}(Ni)_{0,55}(SO_3)_{0,26}(Fe_2O_3)_{0,19}$

Данный фактор является сульфидным и объясняет 8 % дисперсии. Насыщенность пород Кия-Шалтырского месторождения сульфидами (5…10 %) объясняется тем, что в процессе отработки уртитового тела вскрыты глубокие (до 150…200 м) горизонты массива, где сульфиды не затронуты процессами выветривания. Наиболее распространенными среди сульфидов являются пирротин, пирит, халькопирит, пентландит и др.

Фактор 4: $F_4 = (Ga)_{0,77}(Rb)_{0,74}$

Доля объясненной дисперсии составляет 8 %. В фактор входят галлий и рубидий, являющиеся элементами-примесями в нефелине [5]. Положительная связь между данным фактором и фактором 1 подтверждает это.

Фактор 5: $F_5 = (Cr)_{0,63}(Ni)_{0,42}(K)_{0,24}(Mg)_{0,23}$

Ассоциация Cr–Ni–Mg является типичной ассоциацией химических элементов, характерных для ультраосновных щелочных пород. Отрицательная корреляционная связь с фактором макрокомпонентов уртитов указывает на возможное вхождение элементов этой ассоциации в состав титанавгита в виде изоморфной примеси.

Вхождение в фактор калия, положительно коррелирующего с другими элементами ассоциации, указывает на присутствие в приконтактовой зоне уртитового тела слюд: флогопита, биотита и др., в которых хром и никель могут также находиться в виде примесей.

Фактор 6: $F_6 = \frac{(Sr)_{0,65}(Zn)_{0,46}(Pb)_{0,28}}{(Mg)_{0,28}}$

Данный фактор по основному компоненту является стронциевым и объясняет лишь 6 % дисперсии. По данным В. В. Иванова, щелочные породы обладают повышенной стронциеносностью: содержание стронция в щелочно-ультраосновных комплексах достигает 1 625 г/т [6]. Положительная корреляция с первым фактором указывает на вхождение стронция в состав нефелина. Повышенное содержание цинка и свинца также характерно для щелочных пород. Отрицательная часть фактора положительно коррелирует со знаменателем первого фактора, т. е. составляющими титанавгита.

Фактор 7: $F_7 = (Zn)_{0,55}(Co)_{0,45}(As)_{0,44}(Ni)_{0,25}(Pb)_{0,15}$

Фактор можно назвать мышьяковым, так как доля объясненной дисперсии фактора составляет 6 %. К наиболее распространенным арсенидам, встречающимся в породах Кия-Шалтырского месторождения, относятся никелин ($NiAs_2$) и саффролит ($CoAs_2$) и др. Для фактора характерна положительная корреляционная связь с сульфидным фактором, указывающая на присутствие сульфоарсенидов: кобальтина (CoAsS), герсдорфита (NiAsS), арсенопирита (FeAsS) и др. Цинк входит в состав сходного с сульфидами теннантита, имеющего комплексный переменный состав ($(Cu, Fe, Ag, Zn, Hg, Tl)_{12}(AsSb)_4S_{13}$).

Фактор 8: $F_8 = \frac{(Mn)_{0,7}(Fe_2O_3)_{0,3}}{(Pb)_{0,29}}$

Положительная корреляция фактора с фактором 1 указывает на приуроченность данной ассоциации к приконтактовой зоне уртитового тела, преобразованного метасоматическими процессами. Марганец и железо, скорее всего, находятся в оксидной форме и могут входить в состав ильменита ($(Fe, Mg, Mn)TiO_3$) или магнетита ($FeFe_2O_4$), являющегося одним из основных минералов скарнов.

Следует отметить, что при рассмотрении межфакторных корреляций положительная корреляция между факторами означает положитель-

ную связь между числителями факторов или их знаменателями. Отрицательная межфакторная связь означает положительную корреляцию между числителем одного фактора и знаменателем другого или наоборот.

Анализ матрицы межфакторных корреляций показал, что фактор 1 коррелирует со всеми другими факторами, кроме фактора 7. Выделяется две геохимические ассоциации:

– Al_2O_3–Na_2O–K_2O–Rb–Ga–Sr–Zn, которая определяет высокосортные нефелиновые руды;

– CaO–Fe_2O_3–MgO–SO_3–Ni–Co–Cu–Mn. По данным А. М. Сазонова [4], повышенное содержание этих элементов характерно для участков приконтактового скарнирования уртитов. Железо, кальций и магний входят в состав главных минералов скарнов, сульфиды железа, никеля и кобальта – в послескарновые образования.

По аналогичной схеме проводились факторный анализ и интерпретация его результатов по почвам, твердой фазе снега, снеговой воде, поверхностным и подземным водам (табл. 2).

Фактор щелочных металлов (Na и K) выявлен во всех исследуемых объектах, поскольку производство глинозема связано с переработкой щелочных пород. При гидроксильном выщелачивании спека, состоящего из уртитов и известняков, происходит образование щелочного (маточного) раствора, который идет на производство содопродуктов. Поступающие на переработку маточные растворы содержат соли Na_2CO_3, K_2CO_3, Na_2SO_4, $NaHCO_3$, NaCl. При его выпаривании возможно молекулярное испарение солей с молекулами воды гидратной оболочки, аналогичное природному испарению с поверхности акваторий в атмосферу [7].

У фактора щелочных металлов в снеговой воде в ассоциацию с калием и натрием входят хлорид-ион и гидрокарбонатный ион. Все названные ионы относятся к макрокомпонентам и определяют минерализацию воды. На промышленной площадке АГК в отдельных точках отбора проб минерализация более 1 г/л (слабосолоноватые воды).

Все вышесказанное позволяет считать АГК основным источником выбросов щелочных металлов в окружающую среду и интерпретировать данную ассоциацию как фактор производства содопродуктов (см. рисунок). Пространственно фактор приурочен к промплощадке АГК и вытянут на северо-восток по направлению преобладающего ветра (см. рисунок, *а*).

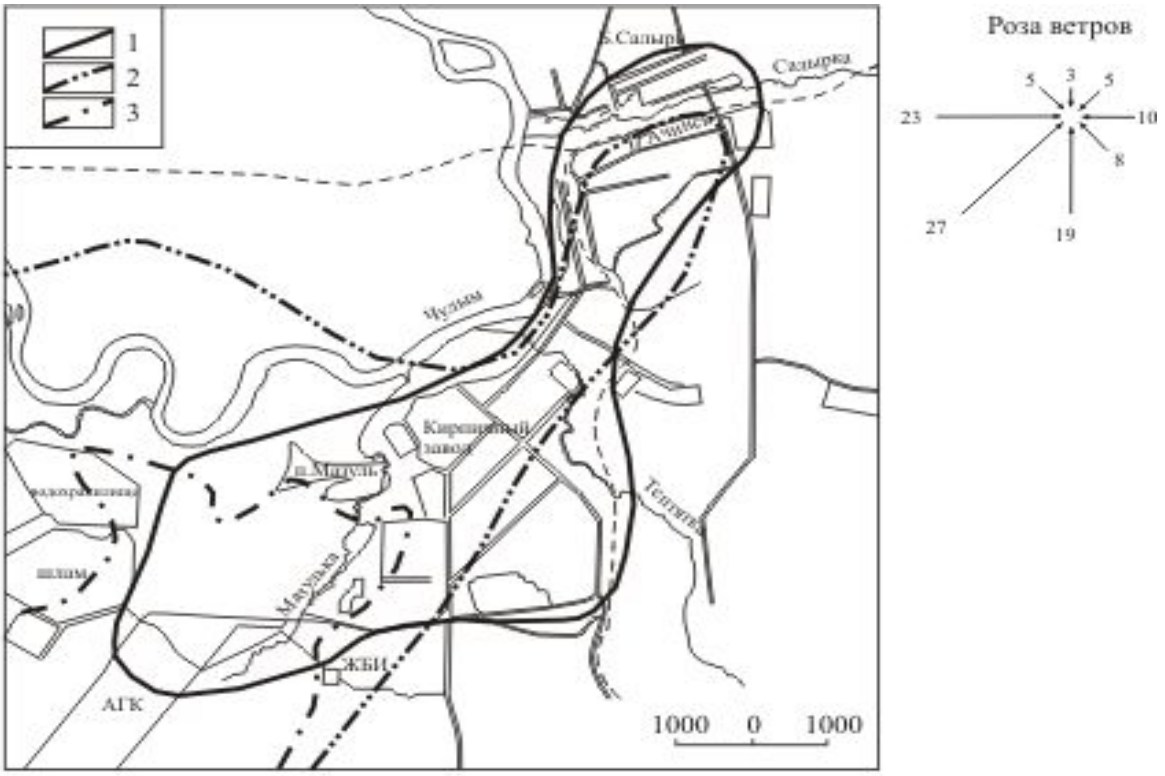
Следующий фактор объединяет группу щелочноземельных металлов: Sr и Ba – в снеговых, поверхностных и грунтовых водах; Sr, Ba и Ca – в твердой фазе снега; Sr, Ba, Ca и Mg – в почвах. Данная ассоциация интерпретируется как фактор цементного производства. На момент проведения проб АГК использовал часть белитового шлама для производства цемента. Шлам представляет собой двухкальциевый силикат (Ca_2SiO_4), являющийся отходом глиноземного производства. Известно, что производство цемента отличается сильным пылевыделением, причем диаметр частиц цементной пыли составляет 10 мкм – это грубодисперсная пыль, которая оседает в непосредственной близости от источника выброса. Фактор цементного производства в почвах пространственно приурочен к промплощадке АГК, вытягиваясь в северо-восточном направлении до реки Тептятка (рис. 1, *б*). В снеговой пыли положительная часть фактора протягивается до реки Салырка. Это указывает на большую чувствительность снегового покрова к фиксации загрязнения, чем чувствительность почвы, являющейся многолетней депонирующей средой.

Таблица 2

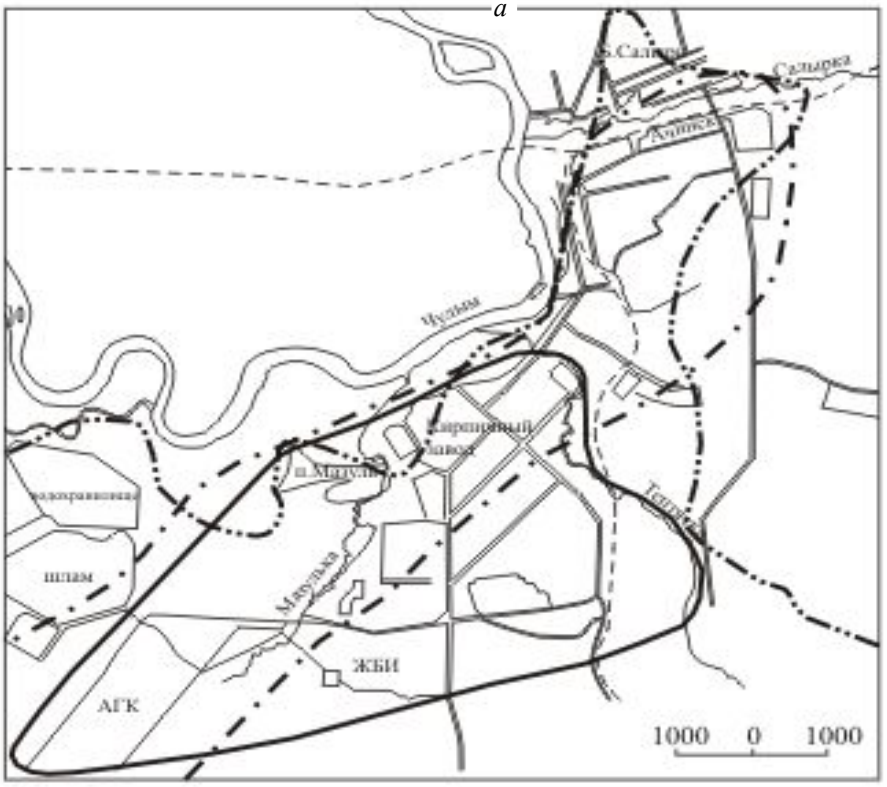
Ассоциации химических элементов в различных природных средах по результатам факторного анализа

Уртиты	Снег (пыль)	Снег (вода)	Поверхностные и грунтовые воды	Почвы
Na_2O–Al_2O_3–K_2O / CaO–Fe_2O_3–ППП–MgO	Na–K	K + Na–M–Cl–HCO_3	K + Na–M*	Na–K–Li / Mg
Sr–Zn–Pb	Sr–Ca–Ba–Al–Mn	Ba–Sr–Pb / SO_4	Ba–Sr–Pb / Ca–Ж**–SO_4–F	Sr–Ca–Ba–Al–Mn–Mg–Cd–Be
Cr–Ni–K_2O–MgO	Cr–Mo–Fe–Ni	–	Ni–Mo	Cr–Ni–Mo
Ga–Rb	Ga–Li–Pb–V–Ni–Cd	Ga–V–Li–F	–	–
Zn–As–Co–Ni / Cu–Ni–SO_3–Fe_2O_3	Co–Mg–Cu–Fe–V–Ni–Sc–Mn–Ti	–	–	Co–Fe–Cu–V–Ni–Ti–Sc–Mg–Mn

*M – минерализация воды.
**Ж – жесткость воды.



а



б

Распределение положительных значений фактора производства содопродуктов (*а*) и фактора цементного производства (*б*) в разных изучаемых средах: *1* – почвы; *2* – твердая фаза снега; *3* – снеговая вода

В уртитах стронций ассоциирует со свинцом, что наблюдается в снеговой воде, поверхностных и грунтовых водах. В почвах и снеговой пыли данная связь не прослеживается, а в ассоциацию со щелочноземельными металлами входит алюминий, что также указывает на источник выброса – АГК.

Ассоциация Cr–Ni–Mo интерпретируется неоднозначно. Пространственно фактор во всех

депонирующих средах не имеет ареального распространения. В черте города выделяются небольшие ореолы, что, возможно связано, со следующими источниками выбросов:

– теплоэнергетическими установками. На ряде ТЭС наблюдается обогащение в несколько раз зольных частиц Ni, Cr, Cu, Pb, Mo, Zn, Co, Cd и др. [1; 2];

– автотранспорт. В дизельное топливо для уменьшения в составе отработанных газов сажи вводят металлоорганические соединения на основе Pb, Cu, Ni, Cr (0,02–0,25 %) [2];

– глиноземное производство. По результатам факторного анализа уртитов (см. табл. 1), хром и никель входят в один фактор, что наблюдается и в почвах. Средние содержания Cr, Ni и Mo в почвах незначительно превышают фоновые, однако по результатам снеговой съемки на территории комбината в снеговой воде содержания Cr и Mo значительно выше, чем на более удаленных от АГК участках. В снеговом осадке и почвах, наоборот, содержание этих элементов возрастает по мере удаления от глиноземного комбината. Следовательно, можно предположить, что АГК выбрасывает хром и молибден в растворимых формах, а в снеге и почвах вблизи комбината создаются необходимые для растворения этих элементов щелочные условия (pH > 8). Поэтому хром и молибден в почвах не накапливаются.

Как отмечалось выше, галлий и рубидий входят в состав уртитов в виде примеси. Присутствие в снеге галлия, являющегося геохимически схожим с алюминием, указывает на глиноземное производство как основной источник выброса данного элемента. Приэтом снеговой покров является более чутким индикатором загрязнения, чем почвы, которые не фиксируют Ga. Возможно, это связано с низкой чувствительностью атомно-эмиссионного анализа.

Ассоциация Co–Mg–Cu–Fe–V–Ni–Sc–Mn–Ni, выявленная в снеговой пыли, по составу полностью совпадает с таковой в почвах. Co, Ni, Fe, Mn, Cu входят в состав уртитов, поэтому АГК может являться источником поступления этих элементов в окружающую среду.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить ассоциации элементов-загрязнителей в различных природных средах. Сопоставление результатов факторного анализа уртитов, почв, снегового покрова, поверхностных и подземных вод показало, что корреляционные связи, выявленные в уртитах, частично сохраняются и прослеживаются в техногенных потоках и депонирующих средах. Следует отметить, что при проведении и интерпретации комплексных геоэкологических исследований анализ сырья является необходимым условием. Выделение реперных элементов-индикаторов позволяет идентифицировать источник их поступления в окружающую среду.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами / Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. М., 1982. 112 с.

2. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янмн и др. – М. : Недра, 1990. 335 с.

3. Геологический факторный анализ / К. Г. Йереском, Д. И. Клован, Р. А. Реймент. Л. : Недра. Ленингр. отд-ние, 1980. 223 с.

4. Геология и золотоплатиноносность нефелиновых пород Западной Сибири / А. М. Сазонов, С. И. Леонтьев, О. М. Гринев и др. Томск, 2000. 248 с.

5. Иванов, В. В. Экологическая геохимия элементов : справ. : в 3 кн. / В. В. Иванов. М. : Недра, 1996. Кн. 3. 153 с.

6. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов : справ. : в 3 кн. / В. В. Иванов. М. : Недра, 1994. Кн. 1. 304 с.

7. Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. Л. : Гидрометеоиздат, 1970. 444 с.

U. B. Dvoretskaya

DETECTION OF CHEMICAL ELEMENTS ASSOCIATOINS IN THE «CONTAMINATION SOURCE – TECHNOLOGIC FLOW – DEPOSIT ENVERONMENT» CHAIN ON THE EXAMPLE OF ACHINSK TOWN AGGLOMERATION

The environmental situation in Achinsk is considered. Achinsk Alumina Combine (AAC) is the most powerful source of technologic influence. Chemical elements associations in the AAC main raw material (urtites), soils, covers of snow, surface and underground waters were detected by the factor analysis. It is determined that correlation connections of chemical elements in urtites partially retain in technologic flows and deposit environments.

УДК 330.322.7

С. К. Демченко

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ В СФЕРЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ

Рассмотрена проблема взаимосвязи мультипликационных эффектов и структурных сдвигов в сфере потребления в экономике России и Красноярского края. Производится расчет потребительской функции для современной российской экономики.

Российские реформы, начавшиеся в середине 80-х гг. XX в, существенно сказались на уровне и качестве жизни населения страны. Либерализация экономики привела к усилению неравенства в распределении доходов и деформации всей совокупности отношений воспроизводства, в том числе системы отношений потребление – сбережение. Произошли резкие качественные и количественные сдвиги в сфере потребления в российской экономике. На долю потребительских расходов в современных условиях приходится около 2/3 всей суммы совокупных расходов. Следовательно, потребительские расходы домашних хозяйств – один из крупных компонентов совокупного спроса – важный фактор развития экономики.

Имея статистические данные (табл. 1) [6], можно изобразить графически функции потребления и сбережения в российской экономике (рис. 1).

Учитывая, что величины потребления и сбережений – это две части одного и того же дохода, то график сбережений (*S*), расположенный под графиком потребления (*C*), является, по сути, зеркальным отражением кривой потребления.

Таблица 1

Доходы, потребительские расходы, сбережения домашних хозяйств в России

Показатели	Год				
	1999	2000	2001	2002	2003
Реальные денежные доходы населения (млрд руб.), *Y*	1 845,8	3 176,6	4 329,1	5 786,1	7 662,8
Реальные денежные расходы населения (млрд руб.), *C*	1 569,9	2 646,2	3 612,8	4 731,4	5 992,9
Средняя склонность к потреблению $APC = C/Y$	0,85	0,83	0,83	0,81	0,78
Реальные денежные сбережения населения (млрд руб), *S*	275,86	530,4	716,31	1 054,7	1 669,9
Средняя склонность к сбережению $APS = S/Y$	0,14	0,16	0,16	0,18	0,21
Мультипликатор потребительских расходов $m = 1/1 - MPC$	6,69	5,98	6,04	5,48	4,58

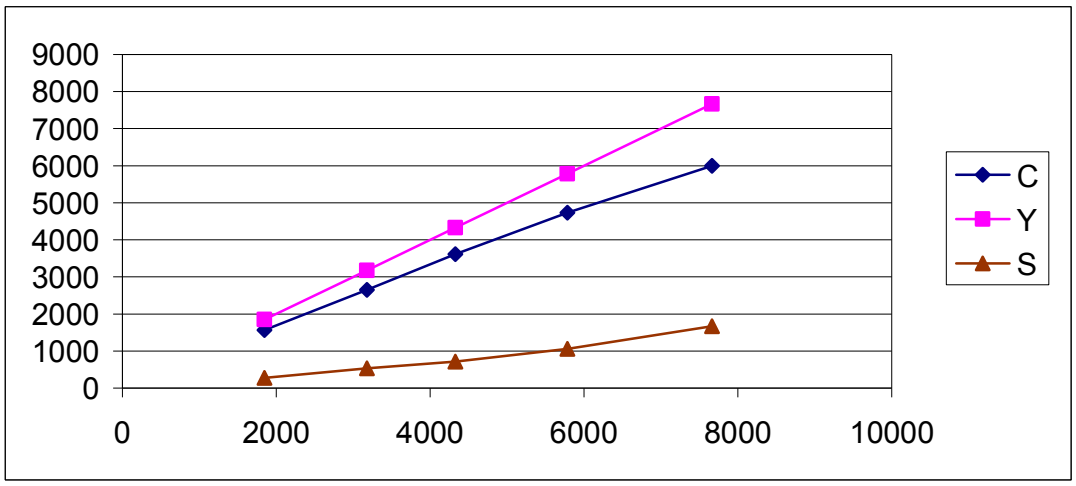


Рис. 1. Кейнсианские функции потребления и сбережения

Используя метод наименьших квадратов для парной линейной регрессии и данные табл. 1, мы вывели потребительскую функцию для России в настоящий период (в млрд руб.):

$$C = 226,014 + 0,764Y .$$

В начале 1990-х гг. такая функция выглядела следующим образом [3, С.56]:

$$C = 80,35 + 0,62Y .$$

За рассматриваемый период в России произошли некоторые изменения в сфере потребления, в частности, увеличился размер автономного потребления домашних хозяйств с 80,35 до 226, 014 млрд руб. и выросла предельная склонность к потреблению с 0,62 до 0,764. Таким образом, по сравнению с началом 90-х гг. мультипликатор потребительских расходов на начало 2004 г. увеличился с 2,6 до 4,17, стимулируя более интенсивный экономический рост.

Зарубежные страны значительно раньше проводили эмпирическую проверку кейнсианского анализа потребления. Так, в США первая такая проверка была осуществлена в 1942 г. На основании данных о динамике потребления и дохода американцев за период с 1929 по 1941 гг. ученые вывели потребительскую функцию для США начала 40-х гг. (в млрд долл.):

$$C = 47,6 + 0,73Y .$$

В ФРГ в середине 1970-х гг. потребительская функция имела вид (в млрд марок):

$$C = 102,76 + 0,64Y .$$

Неоднократные проверки кейнсианской потребительской функции позволили сделать вывод, что статистические данные о доходах и потреблении домашних хозяйств достаточно хорошо коррелируются за короткий период (2–4 года). Потребительская функция Дж. М. Кейнса широко применяется для краткосрочного макроэкономического анализа во многих странах.

Позднее экономисты выработали некоторые альтернативные взгляды, касающиеся проблем потребления. Так, Дж. Дьюзенберри показывает, что объемы потребления существенно зависят не от абсолютного, а от относительного уровня дохода. Первая часть гипотезы относительного дохода предполагает, что потребляемая часть дохода домохозяйства, его средняя склонность к потреблению определяется относительным доходом, т. е. положением в системе распределения доходов. Если все доходы удвоятся, то положение домохозяйства в распределении дохода не изменится, и оно будет потреблять ту же долю дохода т. е. средняя склонность к потреблению останется той же. Также, если распределение дохода остается постоянным в долгосрочном плане, то и средняя склонность к потреблению остается постоянной при росте доходов.

Этот аспект теории объясняет форму эмпирической долгосрочной функции потребления. Кроме того, средняя склонность к потреблению снизится при более высоких уровнях дохода, что подтверждает одномоментная или структурная потребительская функция. Фактически группа структурных функций потребления, каждая из которых отражает положение для определенного периода времени, сдвигается вверх, образуя единую долгосрочную потребительскую функцию с постоянной средней склонностью к потреблению.

Вторая часть гипотезы объясняет характер краткосрочной функции потребления. Она предполагает, что домохозяйствам легче приспособиться к растущим доходам, чем к сокращающимся, т. е. имеет место инерционный эффект. Поэтому, если доходы снижаются в период спада, семья старается поддержать свой уровень жизни и потребление снижается меньше, чем доход. Из этого следует, что при более низких уровнях дохода в периоды спада экономического цикла средняя склонность к потреблению возрастает, что подтверждается краткосрочными функциями потребления, построенными по эмпирическим данным.

Таким образом, гипотеза относительного дохода разрешает противоречия между эмпирическими потребительскими функциями. Однако она предполагает следующее:

1) рост дохода при полной занятости всегда вызывает пропорциональный рост потребления, что маловероятно при очень большом или неожиданном росте доходов;

2) поведение потребителя необратимо, т. е. уменьшение доходов будет вести к снижению сбережений при поддержании постоянного уровня потребления независимо от продолжительности периода падения доходов. Фактически же потребление медленно восстанавливается с течением времени. Имеются даже свидетельства роста потребления в периоды спада. Эти недостатки гипотезы относительного дохода учитываются в разработанных позднее гипотезах жизненного цикла и постоянного дохода.

Попытки использовать кейнсианскую потребительскую функцию для долгосрочных прогнозов не были успешными. В долгосрочном периоде потребительский спрос подчиняется другим закономерностям. Впервые на это обратил внимание американский экономист Саймон Кузнец, проанализировавший данные о динамике ВНП США и его составных частях с 1869 по 1938 гг. Он обеспечил статистическую базу для кейнсианского подхода в макроэкономике. Эмпирические исследования позволили сделать вывод, что рост ВНП страны предполагает глубокие структурные преобразования в экономике, которые затрагивают многие сферы экономической жизни.

Саймон Кузнец при анализе выделил факторы, оказывающие влияние на экономический рост: численность, возрастной состав и территориальное распределение населения, отраслевую и профессиональную структуру занятости, структуру дохода с точки зрения факторов производства, структуру выпуска, прогресс в технологии, профессиональный уровень рабочей силы, организацию промышленности и госу-

дарственное регулирование (включая отношение правительств и общественности к экономическому росту), международную торговлю и миграцию товаров, капитал и рабочую силу [4. С. 41–42].

Кроме того, Саймон Кузнец изучил проблему соотношения потребительских расходов и уровня совокупного дохода в экономике и пришел к выводу, что средняя склонность к потреблению (APC) в долгосрочном периоде остается практически неизменной и составляет 0,86 независимо от величины дохода [2. С. 56]. В краткосрочном периоде величина средней склонности к потреблению отклоняется от этого значения, а в долгосрочном периоде приближается к нему. Таким образом, в долгосрочном периоде потребительская функция для США имела вид

$$C = 0,86Y .$$

Числовой коэффициент 0,86 получил название долгосрочной склонности к потреблению, величина его практически не меняется в течение десятилетий независимо от изменения текущего дохода [2. С. 56].

Видные ученые-экономисты обратили внимание на такое поведение потребительского сектора в долгосрочном периоде. В результате анализа был сформулирован ряд гипотез, позволяющих объяснить, почему в долгосрочном периоде средняя склонность к потреблению изменяется пропорционально изменению дохода.

Например, Франко Модильяни в процессе совершенствования кейнсианской потребительской функции впервые описал процесс создания моделей «жизненного цикла», которые объясняли закономерности образования личных сбережений. Он исходил из положения, что «главный мотив (для сбережений) состоит в том, чтобы иметь возможность поддерживать достойный и постоянный жизненный стандарт». Сбережения, по его словам, отражают разницу между этим стабильным желаемым уровнем потребления и изменяющимся уровнем доходов, который в течение рабочей жизни человека систематически повышается от исходного низкого к максимальному, после чего снижается к очень низкому при выходе его на пенсию. Ссылаясь на естественное стремление человека поддерживать постоянным свой уровень потребления, несмотря на колебания дохода, Франко Модильяни вывел формулу: «молодые сберегают, старые растрачивают».

Он доказывал, что нормы сбережений тесно связаны с темпом роста населения, так как этот темп влияет на соотношение людей разных возрастов, а также ушедших на пенсию и численности населения наиболее трудоспособного возраста. Высокие темпы экономического роста повышают и норму сбережений, поскольку они увеличивают доходы работающих (а из этих доходов осуществляются сбережения) без увеличения потребления людей, вышедших на пенсию [6. С. 179–180].

Тесная взаимосвязь теоретических положений и эмпирических данных прослеживается в работе Милтона Фридмена «Теория функции потребления», изданной в1957 г. Исследуя семейный бюджет и временной ряд данных, М. Фридмен нашел практическое подтверждение своей гипотезы «перманентного дохода». В противоположность распространенному постулату кейнсианской теории о текущем потреблении как стабильной функции текущего дохода, М. Фридмен на основе фактических данных обосновал зависимость доли дохода, которая тратится на потребление, не от текущего, а от ожидаемого или от постоянного дохода. Постоянное потребление не изменяется в зависимости от временного увеличения или уменьшения дохода. Этим М. Фридмен объяснял имеющую место на практике более высокую долю сбережений как части дохода в бюджете семей с высокими доходами, чем в бюджете семей с низкими доходами. Исследование соотношения доходов и потребления населения США на протяжении длительного времени (около 100 лет) привело М. Фридмена к выводу, что доля сбережений в национальном доходе, несмотря на рост реальных доходов, оставалась величиной приблизительно постоянной. Вывод о постоянном доходе сыграл важную роль в предложенном М. Фридменом изменении формулировки количественной теории денег. В последующих работах он покажет, что изменение денежного спроса в течение всей истории США определялось изменениями в сфере постоянного дохода. Значительное число исследований совокупного потребления подтверждало теорию М. Фридмена, а разработанная им методика определения и оценки прогнозируемых доходов стимулировала макроэкономические исследования [4. С. 104].

Различия в потреблении, безусловно, зависят от уровня дохода, но не являются его линейной функцией. Потребление испытывает и конституирующее воздействие культурного капитала, накопленного в процессе социализации практического знания, позволяющего человеку распознавать стратегии и принципы действия других людей [1].

Кроме того, рост экономических возможностей человека может не приводить к соответствующему росту потребления, во-первых, в силу того, что его вкусы могут изменяться медленнее, чем уровень его доходов, а во-вторых, изменение этих вкусов может привести, напротив, к добровольному ограничению определенных видов потребления [6].

Нами было проведено сравнение предельных склонностей к потреблению и мультипликаторов потребительских расходов по Красноярскому краю и России. Различия этих показателей рассмотрены в связи со структурой валового регионального и внутреннего продукта (ВРП и ВВП).

Предельная склонность к потреблению, рассчитанная по Красноярскому краю, несколько меньше величины, полученной в среднем по России (табл. 2).

Это может быть обусловлено превышением среднедушевых доходов жителей края в месяц над средними по стране (например, средний доход на душу населения в Красноярском крае в 2003 г. составил 5 507,7 руб., а в России – 5 141,9 руб.) в соответствии с «основным психологическим законом» Кейнса.

Однако доля совокупных расходов на конечное потребление в ВВП (ВРП) по России и краю отличается значительно (табл. 3).

Меньший удельный вес потребления и накопления в ВРП края объясняется более высокой долей чистого экспорта, что снижает мультипликативные эффекты в экономике, тем самым, замедляя экономический рост. Более низкий мультипликатор расходов в крае (табл. 2) указывает на недостаточное развитие механизмов мультипликативных связей в экономике.

Для России в целом типичен сырьевой рост экономики, индуцированный преимущественно спросом на внешнем рынке топливно-энергетических ресурсов и продукции металлургии.

Сырьевая направленность экономики Красноярского края выражена более резко. Это показывает отраслевая структура ВРП (табл. 4).

Таблица 2

Предельная склонность к потреблению и мультипликатор потребительских расходов (по данным за 2000–2004 гг.) [7]

Показатели	Россия	Красноярский край
Предельная склонность к потреблению, MPC	0,764	0,739
Мультипликатор потребительских расходов, $m = \frac{1}{1-\text{MPC}}$	4,2	3,8

Таблица 3

Структура использования ВВП России и ВРП Красноярского края в 2003 г. (в % к ВВП и ВРП) [8]

	Расходы на конечное потребление	Валовое накопление	Чистый экспорт товаров и услуг
Россия	68,0	20,6	11,4
Красноярский край	62,9	8,9	28,2

*Таблица 4**

Отраслевая структура ВРП Красноярского края и России (в том числе добавленная стоимость отдельных отраслей в основных ценах, в %)

	Промышленность	Сельское хозяйство	Строительство	Транспорт	Торговля и коммерческая деятельность по реализации товаров и услуг	Отрасли, оказывающие нерыночные услуги	Другие отрасли
Российская Федерация	28,8	6,0	7,6	7,4	20,4	8,6	14,1
Красноярский край	51,3	5,3	6,3	6,7	9,5	10,1	7,9

*По данным Госкомстата РФ за 2002 г.

Индексы структурных различий между Российской Федерацией и красноярским краем (интегральный и индекс Салаи) равны соответственно 0,14 и 0,21. Таким образом, структура ВРП края немного отличается от российской. Промышленность несколько более преобладает над остальными отраслями, чем в среднем по стране, хотя это различие не носит резко выраженного характера – 68,4 % промышленного производства приходится на цветную металлургию; 9,6 % – на электроэнергетику; 5,8 % – на машиностроение и металлообработку.

Валовое накопление в краевой экономике, даже исходя из предположения, что оно целиком остается в крае, недостаточно для влияния на технологическую и структурную модернизацию экономики, не позволяет сформировать нормальный фонд чис-

того накопления ВРП на уровне 10 %. В этом случае рыночное саморегулирование не может заставить товаропроизводителей осваивать наукоемкие технологии и продукты – ключевой на данный момент фактор экономического роста.

Таким образом, направленность краевой экономики на экспорт ресурсов снижает мультипликатор потребительских расходов. Для усиления мультипликативных связей необходимо развитие в регионе производств, ориентированных на внутренний рынок.

Недостаточное производство предметов потребления приводит к тому, что потребительский спрос удовлетворяется в основном за счет ввоза.

На современном этапе развития экономики России важно, чтобы структурные преобразования, ведущие к экономическому росту, были увязаны с соответствующей социальной политикой, главная цель которой – повышение качества человеческого капитала. Такая увязка возможна только при теоретическом осмыслении качества структурных сдвигов в сфере потребления.

Экономические преобразования должны быть направлены на обеспечение высокого уровня жизни, сокращение дифференциации доходов, формирование среднего класса, и самое главное, на создание механизма перераспределения доходов, стимулирующего мультипликативные эффекты в экономике и экономический рост.

Библиографический список

1. Бурдье, П. Формы капитала / П. Бурдье // Экономическая социология. 2002. Т. 3. № 5. С. 69–74.

2. Ивашковский, С. Н. Макроэкономика / С. Н. Ивашковский. М. : Дело, 2000. 472 с.

3. Кейнс, Дж. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. Кейнс. М., 1978. 326 с.

4. Нобелевские лауреаты XX века. Экономика : энцикл. слов. М. : Изд-во «Российская политическая энциклопедия» (РОССПЭН), 2001. 336 с.

5. Россия в цифрах. 2004 : крат. стат. сб. / Федеральная служба государственной статистики. М., 2004. 431 с.

6. Douglas, M. The World of Goods: Towards an Anthropology of Consumption / M. Douglas, B. Isherwood. London : Routledge, 1979.

7. Экономика Красноярского края в 2004 году / Статистический ежегодник. Красноярск, 2005.

8. Россия 2005 : стат. справ. М. : Росстат, 2005.

S. K. Demchenko

STRUCTURAL REFORMATIONS AND MULTIPLICATIVE EFFECTS IN THE SPHERE OF CONSUMPTION IN THE RUSSIAN ECONOMY

It is covered a problem of interdependence between multiplicative effects and structural changes in the sphere of consumption in the economy of Russia and Krasnoyarsk region. The computation of consumption function for the contemporary Russian economy is carried out.

УДК 621.892

С. Г. Докшанин, И. И. Докшанина

СНИЖЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ

Рассмотрена возможность повышения долговечности подшипников качения за счет использования пластичных смазочных материалов с наночастицами, снижающих контактные напряжения на дорожке качения. Приведен анализ результатов распределения нормальных и касательных напряжений на площадке контакта в роликовом подшипнике качения.

Вопрос повышения долговечности и надежности опор качения требует изучения явлений, протекающих в зоне их контакта и определяющих процессы усталостного разрушения. Типичной причиной потери работоспособности подшипников качения при нормальных условиях эксплуатации является усталостное выкрашивание поверхностей качения. Циклически изменяющиеся контактные нагрузки передаются через малые площадки контакта, и возникающие на них напряжения достигают больших значений, которые могут превышать пределы прочности материалов контактирующих деталей.

Большое влияние на характер поверхностных повреждений оказывают силы трения. Установление степени влияния этих сил на усталостные процессы при качении под нагрузкой позволило бы разработать меры по повышению долговечности опор качения для эффективного использования машин и механизмов.

Существенное влияние на расчет напряженного состояния оказывают касательные нагрузки, зависящие от действующих сил трения. Формулы Герца, которыми пользуются в расчетах, не учитывают воздействие значительных касательных сил. Между тем они меняют вид напряженного состояния в зоне контакта, и при увеличении силы трения происходит повышение контактных напряжений и их перемещение ближе к поверхности контакта [1; 2].

В этом случае наиболее корректной расчетной схемой является рассмотрение одновременного действия нормальных и тангенциальных напряжений, действующих на площадке контакта. Материал в поверхностном слое в первом приближении рассматривается как упругий, а условия деформирования поверхностного слоя удовлетворяют гипотезе об упругих свойствах материала.

Максимальные касательные напряжения, связанные с увеличением силы трения, повышают значения нормальных напряжений на площадке контакта. Такой рост приводит к появлению усталостного изнашивания поверхностей. При этом скорость процесса изнашивания будут зависеть от свойств смазочного материала и толщины смазочной пленки. Предполагается, что в зоне контакта выполняется закон трения Кулона−Амонтона, в соответствии с которым касательные и нормальные нагрузки связаны зависимостью [3]

$$|\tau(x)| = \mu \cdot |p(x)|,$$

где $|\tau(x)|$ − тангенциальные контактные нагрузки; $|p(x)|$ − контактные давления; м − коэффициент трения.

Усталостное разрушение деталей подшипника в большинстве случаев начинается на поверхности. Снижение силы трения на контакте меняет форму образования усталостных трещин на глубинную, что увеличивает время до начала усталостного разрушения дорожек и тел качения подшипников.

Немаловажная роль в этом случае отводится смазочным материалам. Их применение в подшипниках качения преследует такие цели, как уменьшение трения и износа поверхностей трущихся деталей подшипников, отвод выделяемого тепла и защита поверхностей от коррозии. Наиболее важным из них является уменьшение сил трения в зоне контакта, однако механизм смазочного действия может быть различным и зависеть от условий контактирования. Анализ использования пластичных смазочных материалов в подшипниках качения дает основание полагать, что данный вопрос до сих пор остается нерешенным. Большое количество видов подшипников качения, а также многообразие сочетаний условий эксплуатации подшипниковых опор не позволяет сформировать конкретные указания по применению смазочного материала.

Условия смазки оказывают важное влияние как на усталостное выкрашивание, так и на другие виды износа. Очевидно, что имеет место наличие определенной связи между эксплуатационными свойствами смазочных материалов, изнашиванием контактирующих поверхностей и контактными нагрузками. Хорошие антифрикционные свойства способствуют снижению коэффициента трения, приводя тем самым к уменьшению касательных напряжений. А это в свою очередь снижает склонность поверхностей к выкрашиванию.

Повышающиеся требования к эксплуатационным свойствам смазочных материалов, применяемых в узлах с трением качения, а также появ-

ление современных нанофазных материалов способствовали появлению нового направления в создании смазочных материалов с улучшенными свойствами. Основные цели введения в пластичные смазочные материалы подобных добавок − улучшение смазочной способности, увеличение прочности смазочного слоя в зоне контакта, повышение герметизирующих и защитных свойств, снижение коэффициента трения и износа деталей подшипников качения.

Одним из наиболее перспективных направлений создания смазочных материалов с наномодификаторами является использование наночастиц в качестве носителей функциональных добавок. Эффективность применения таких порошков является основанием для более детального их изучения [4; 5]. В настоящее время сложилось несколько представлений о механизме действия нанопорошков, а именно:

– частицы заполняют микровпадины трущихся поверхностей, увеличивая фактическую площадь контакта и повышая адгезионную способность смазочного материала;

– малые размеры частиц обладают высокой активностью, что способствует повышению адгезии и образованию прочной пленки из частиц;

– свободные частицы порошка образуют несущий слой смазочного материала, обладающий большим пределом прочности;

– наличие твердых частиц в смазочном материале приводит к образованию на поверхности трения защитного слоя, препятствующего адгезионному схватыванию;

– частицы способствуют быстрому процессу приработки поверхностей за счет своих абразивных свойств.

Такие объяснения в полной мере можно отнести лишь к поверхностным процессам, происходящим на границе раздела смазочного материала и трущихся поверхностей, и в меньшей степени – к влиянию размера частиц на свойства нанопорошков. Кроме того, следует учесть и возможность воздействия порошка на поверхностные слои материала.

Ниже будут приведены некоторые результаты исследований, установившие влияние пластичных смазочных материалов с углеродосодержащими добавками ультрадисперсного порошка алмазографита (УДПАГ) на снижение контактных напряжений, определяющих долговечность подшипников качения. Добавка с размером частиц 40…100 нм получена методом детонационного синтеза в среде углекислого газа. Для ультрадисперсного алмазографита, в отличие от широко применяемых порошковых добавок, характерна высокая адгезия к металлическим поверхностям за счет повышенной поверхностной энергии, что способствует удержанию слоя смазочного материала на поверхности трения. Таким образом, частицы будут прочно удерживать молекулярный смазочный слой на поверхностях трения, создавая своего рода защитный экран.

Смазочные свойства и эффективность использования таких смазочных материалов в подшипниках оценивались по величине моментов трения, интенсивности изнашивания подшипников качения, реологических характеристик новых смазочных композиций и другим параметрам. Для смазочных композиций был выбран широко применяемый пластичный смазочный материал Литол-24. Концентрация УДПАГ в базовой смазке бралась в диапазоне от 0,5 до 5 массовых процентов. Испытания выполнялись на лабораторных установках, моделирующих работу подшипникового узла при однонаправленном вращении подшипника. Образцами служили роликоподшипники типа 32206, радиальная нагрузка – 2 кН, частота вращения – 960 об/мин.

По результатам экспериментов было установлено, что введение добавки УДПАГ в пластичный смазочный материал Литол-24 снижает величину момента трения на 31…33 %, износа подшипников – в 1,2…1,5 раза, а температуру подшипникового узла – на 16 % по сравнению с базовой смазкой.

Для определения влияния добавки на напряженное состояние была рассмотрена компьютерная модель контакта ролика с дорожкой качения. Расчетная схема (рис. 1) принята на основе анализа многочисленных работ, в которых рассматриваются вопросы качения тел.

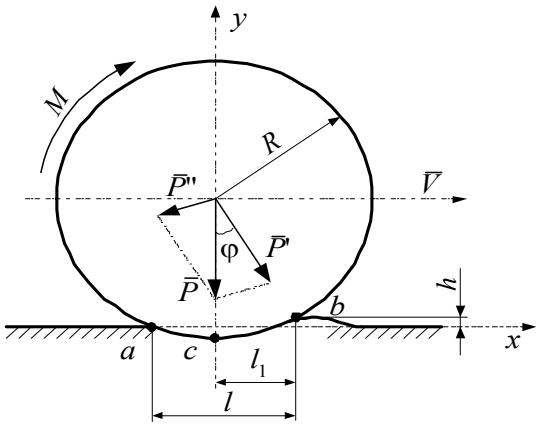


Рис. 1. Схема контакта ролика при качении по упругому основанию

Площадка контакта *ab* длины *l* состоит из двух участков: *ac* – участка с проскальзыванием контактирующих поверхностей (на этом участке касательные напряжения пропорциональны нормальному давлению) и *bc* – участка сцепления, где скорости цилиндра и поверхности равны. При наличии силы трения на участке скольжения l_1 точка, в которой касательные напряжения достигают максимального значения, перемещается к поверхности в направлении действия силы трения. Растягивающие напряжения σ_P в точке *a* имеют наибольшую величину, в связи с чем абсо-

лютный максимум срезывающих напряжений располагается непосредственно на поверхности или на небольшой глубине под ней. Поэтому усталостное разрушение начинается с поверхности трения. Его можно уменьшить за счет применения смазочных композиций, которые, наряду со снижением силы трения, модифицируют поверхности трения, снижая контактные нагрузки, а следовательно, и напряжения в материале.

Компьютерная модель была выполнена с помощью программного пакета ELCUT, способного рассматривать плоские двумерные поля методом конечных элементов (рис. 2). Этот пакет позволяет решать задачи теории упругости в постановках плоских напряжений, плоских деформаций и осесимметричного напряженного состояния с изотропными или ортотропными свойствами материалов.

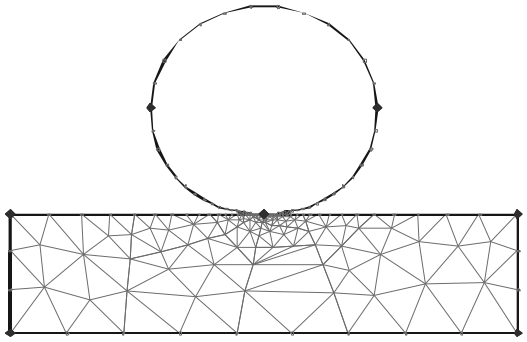


Рис. 2. Сетка конечных элементов модели контакта

Для составления компьютерной модели авторы рассматривали контакт, возникающий при качении с проскальзыванием ролика по упругому основанию. Для решаемой плоской задачи соответствующие напряжения определялись компонентами в каждой точке:

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix}.$$

В зоне контакта имеется герцевская площадка прямоугольной формы, образованная вследствие упругих деформаций, полуширина a которой находилась по формуле [6]

$$a = 0{,}798\sqrt{2pR(\Theta_1 + \Theta_2)},$$

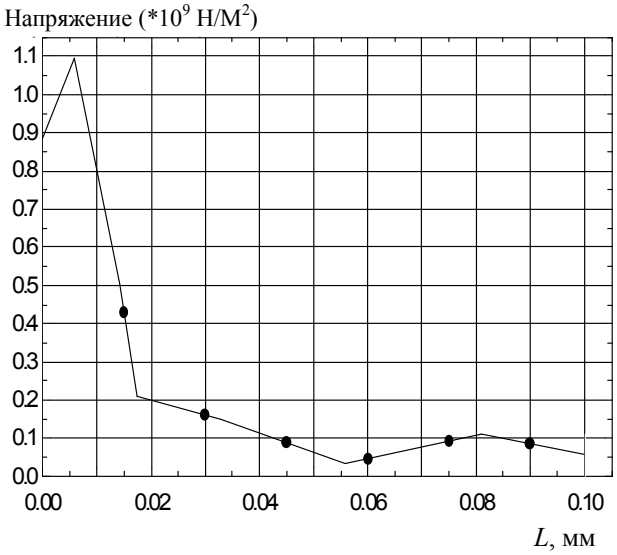
где R − радиус ролика; $\Theta_i = \dfrac{1-\nu_i^2}{E_i}$ − коэффициент; p − нагрузка; E − модуль упругости; ν − коэффициент Пуассона.

Условия, определяющие площадку контакта между двумя скользящими телами, для такой схемы представлены системой уравнений [2]

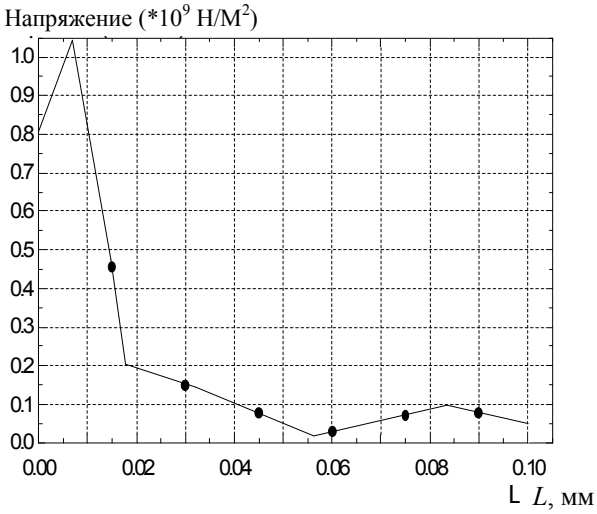
$$\left.\begin{aligned} \sigma_z &= -q(x) = -\frac{q_0}{a}\left(a^2 - x^2\right)^{\frac{1}{2}}, \\ \tau_{xz} &= -\mu\, q(x), \end{aligned}\right\} \quad z = 0, \ -a \le x \le a,$$

где м − коэффициент трения; a − полуширина площадки контакта; q_0 − давление в центре площадки; $\phi(x)$ − тангенциальное напряжение на площади контакта; $p(x)$ − нормальное напряжение.

Представим графики распределения касательных и нормальных напряжений, полученные при реализации модели упругого контакта ролика с плоскостью (рис. 3, 4). Значения сил трения, соответствующие действующим на поверхности касательным нагрузкам, взяты по экспериментальным данным для смазочной композиции на основе смазочного материала Литол-24 с концентрацией ультрадисперсного порошка алмазографита 1 массовый процент.



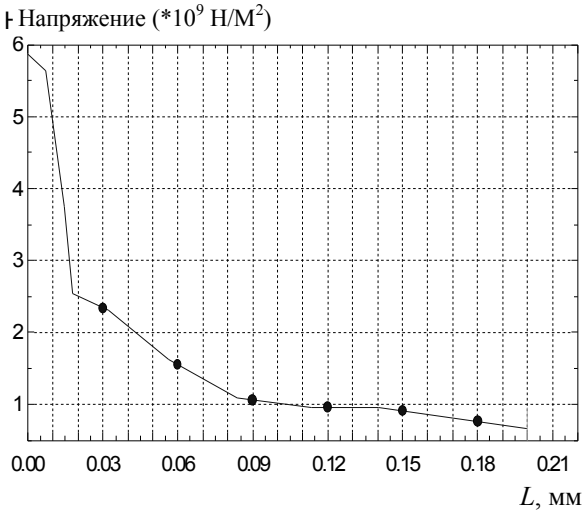
а



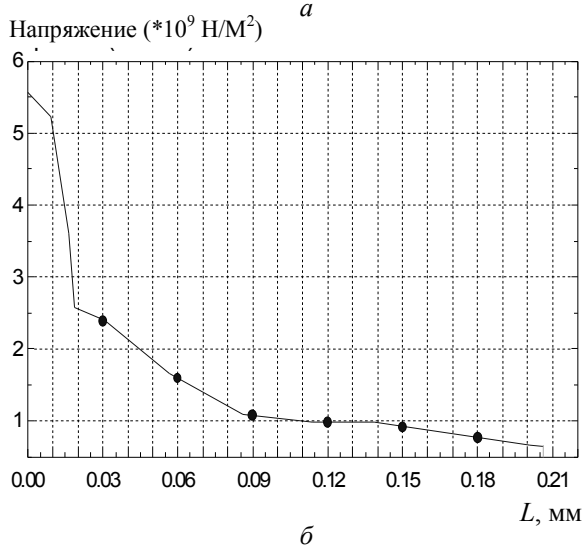
б

Рис. 3. Распределение касательных напряжений по глубине внутреннего кольца для смазочного материала Литол-24 без добавки (*а*) и с добавкой УДПАГ (*б*)

При использовании смазочных композиций с ультрадисперсным алмазографитом величина поверхностных касательных напряжений на дорожке качения уменьшается, при этом увеличивается глубина, на которой действуют максимальные τ_{max} касательные напряжения (см. рис. 3).



а



б

Рис. 4. Распределение нормальных напряжений по глубине внутреннего кольца для смазочного материала Литол-24 без добавки (*а*) и с добавкой УДПАГ (*б*)

Нормальные напряжения определялись по критерию прочности Мора (см. рис. 4). В соответствии с этим критерием условие разрушения зависит как от нормальных, так и от касательных напряжений на площадке контакта. Как показывают результаты моделирования, наличие в зоне контакта пластичной смазки с добавкой УДПАГ снижает величину нормального напряжения, по сравнению со смазками-основами, на 13…15 %.

Таким образом, многочисленные лабораторные исследования и данные эксплуатационных испытаний, расчетные значения долговечности подшипников качения, а также результаты моделирования позволяют говорить о том, что пластичные смазки с добавкой ультрадисперсного порошка алмазографита способны в 1,5…2 раза увеличить срок службы подшипникового узла.

Библиографический список

1. Влияние внешних факторов на контактную прочность при качении / С. В. Пинегин, И. А. Шевелев, М. В. Гудченко и др. М. : Наука, 1975. 102 с.

2. Махутов, Н. А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность : в 2 ч. / Н. А. Махутов. Ч. 1. Новосибирск : Наука Сиб. отд-ние, 2005. 494 с.

3. Горячева, И. Г. Механика фрикционного взаимодействия / И. Г. Горячева. М. : Наука, 2001. 478 с.

4. О влиянии ультрадисперсных наполнителей на реологические свойства пластичных смазок / В. В. Жевнов, В. А. Смуругов, И. О. Деликатная и др. // Трение и износ. 2001. № 6. (22). С. 699−702.

5. Методология создания смазочных материалов с наномодификаторами / М. Люты, Г. А. Костюкович, А. А. Скаскевич и др. // Трение и износ. 2002. № 4 (25). С. 411−424.

6. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин : справ. / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. М. : Машиностроение, 1993. 640 с.

S. G. Dokshanin, I. I. Dokshanina

DECREASING OF THE CONTACT VOLTAGE IN ROLLING BEARING USING LUBRICANTS WITH NANOPARTICLES

The possibility of increasing the durability of rolling bearings using elastic lubricants with nanoparticles,which decrease the contact voltage on the rolling surface is considered. The results of the analysis of distribution of normals and tangent voltage on the contact area of the rolling bearing are presented.

УДК 681.3.06

М. Г. Доррер, В. В. Курохтин

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРЯМОГО И ОБРАТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МЕЖДУ ЦВЕТНОЙ СЕТЬЮ ПЕТРИ И МОДЕЛЬЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Рассмотрена методика транслирования моделей бизнес-процессов в раскрашенные сети Петри, предназначенная для исследования исходного процесса путем имитационного моделирования.

Имитационное моделирование – это метод исследования, основанный на подмене реальной системы на ее модель. С моделью можно производить различные эксперименты, которые в действительности проводить было бы рискованно или невозможно.

Следует отметить, что данный в сфере моделирования бизнеса построение модели проводит эксперт (либо группа экспертов), опираясь на свои знания и опыт. Несмотря на то, что в дальнейшем эта модель может быть проверена другими специалистами, но в любом случае речь будет идти о субъективном мнении, а не об объективных результатах, в то время как реализовать на практике различные варианты работы системы очень часто невозможно.

Адаптация имитационного моделирования к бизнес-моделям позволит проводить различные эксперименты за короткое время для обнаружения и устранения различных недостатков конкретной реализации бизнес-системы.

В качестве объекта исследования авторами были выбраны организационные системы. Метод исследования – структурный анализ систем при помощи методик моделирования бизнес-процессов [1; 2; 3; 4]. Имитационное моделирование динамических систем осуществлялось при помощи цветных сетей Петри (*Colored Petri Nets*, CPN) [5, 6].

Главная цель, которую ставили перед собой авторы, – опираясь на стандартные инструменты, формализовать процесс имитационного моделирования бизнес-систем. Эта цель достигается путем прямого преобразования между нотациями моделирования систем (в данном случае это ARIS eEPC [2] и цветные сети Петри в нотации, предложенной К. Йенсеном в [5] и реализованной в программном комплексе CPNTools[1]). При этом в трансляции из нотации CPN в нотацию ARIS в первую очередь интересны результаты имитационного моделирования.

Диаграмма в нотации ARIS eEPC может быть описана трехдольным графом D. К типам вершин данного графа будут относиться следующие события, функции и ресурсы:

$D = (S, F, R, J, L_p, L_r, L_j, Ц_p, Ц_r, Ц_j, I, Q, W,$

где S – множество вершин типа «состояние»; F – множество вершин типа «функция»; R – множество вершин типа «ресурс»; J – множество логических развязок, используемых для расширения множества моделируемых систем; L_p – множество ребер, между вершинами множеств S и F (процессные дуги); L_r – множество ребер, соединяющих вершины множеств F и R (ресурсные дуги); L_j – множество ребер, соединяющих вершины множеств S, F и J; $Ц_p$ – отношение инцидентности, определяющее направленные связи между вершинами множества S и F: $Ц_p : l_p \to i_p$, здесь $i_p \in (S \times F) \cup (F \times S)$; $Ц_r$ – отношение инцидентности, определяющее не направленные связи между вершинами множества F и R: $Ц_r : l_r \to \{f, r\}$, здесь $l_r \in L_r$, $f \in F$, $r \in R$; $Ц_j$ – отношение инцидентности, определяющее направленные связи между вершинами множества S, F и J: $Ц_j$: $l_j \to i_j$, здесь $i_j \in \varphi \subset (S \times J) \cup (F \times J) \cup (J \times S) \cup (J \times F) \cup \cup (J \times J)$; для данного множества справедливы следующие ограничения:

$$\forall (j, s) \in \varphi \mid j \in J, s \in S \Rightarrow (j, f) \notin \varphi \ \forall f \in F,$$
$$\forall (j, f) \in \varphi \mid j \in J, f \in F \Rightarrow (j, s) \notin \varphi \ \forall s \in S,$$
$$\forall (s, f) \in \varphi \mid j \in J, s \in S \Rightarrow (f, j) \notin \varphi \ \forall f \in F,$$
$$\forall (f, j) \in \varphi \mid j \in J, f \in F \Rightarrow (s, j) \notin \varphi \ \forall s \in S,$$
$$\forall (j_1, j_2) \in \varphi \Rightarrow j_1 \neq j_2.$$

$$\forall (j_1, j_2) \in \varphi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (у, j_1) \in \varphi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (ц, j_2) \notin \varphi \forall ц \in Ц \\ (j_2, у) \notin \varphi \forall у \in У \end{array} \right\} \\ (ц, j_1) \in \varphi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (у, j_2) \notin \varphi \forall у \in У \\ (j_2, ц) \notin \varphi \forall ц \in Ц \end{array} \right\} \\ (j_1, у) \in \varphi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (у, j_2) \notin \varphi \forall у \in У \\ (j_2, ц) \notin \varphi \forall ц \in Ц \end{array} \right\} \\ (j_1, ц) \in \varphi \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} (ц, j_2) \notin \varphi \forall ц \in Ц \\ (j_2, у) \notin \varphi \forall у \in У \end{array} \right\} \end{array} \right\},$$

т. е. для логической развязки входными и выходными могут быть только элементы одного типа; I определяет время работы функции: $I : f \to i$, где $f \in F$, i – целое положительное число (как и везде далее по тексту); Q – начальное количество ресурсов: $Q : r \to i$, здесь $r \in R$; W – веса дуг множества L_r, определяющие количество потребляемых либо производимых ресурсов: $W : l_r \to i$, здесь $l_r \in L_r$.

Раскрашенную временную сеть Петри можно задать следующим образом:

$$N = (P, T, L, C, Ц_l, Ц_c, Ц_w, Ц_t)\ N = \\ = (P, T, L, C, \Phi_1, \Phi_c, \Phi_w, \Phi_t),$$

[1] Подробную информацию о программном комплексе CPNTools можно получить на сайте: http://wiki.daimi.au.dk/spntools/spntools.wiki. (см. п. 3 библ. списка на С. 5).

где P – множество позиций сети; T – множество переходов сети; L – множество ребер сети; C – множество цветов сети; $Ц_l : l \to i_l$ – функция инцидентности, определяющая связи между позициями и переходами, здесь $l \in L$, $i_l \in \varepsilon \subset (P \times T) \cup \cup (T \times P)$; $Ц_c : c \to i_c$ – функция, определяющие разрешенные для позиции цвета, здесь $c \in C$, $i_c \subseteq C$; $Ц_w : l \to i_w$ – функция, определяющая выражения на дугах, здесь $l \in L$, i_w – мультимножество цветов (элементов множества C); $Ц_t : t \to i$ – функция, определяющая время срабатывания перехода, здесь $t \in T$.

Данное подмножество сети Петри достаточно для описания трансляции моделей.

Введем набор транслирующих функций (грамматик), позволяющих произвести преобразования элементов исходной модели в элементы целевой модели. Для этого в сеть Петри необходимо добавить следующие дополнительные элементы:

– цвет «Текущий процесс», который будем обозначать c_p. Фишки этого цвета будут перемещаться по ребрам, соответствующим связям между событиями и функциями, т. е. будут обозначать протекание процесса во времени;

– позиция «Хранилище ресурсов», которую будем обозначать как p_r. В данной позиции изначально будут находиться все фишки, соответствующие состоянию ресурсов системы как стартовому:

$$Ц^t_r(r) \in Ц_c(p_r)\ \forall\ r \in R.$$

Введем понятие *кластер сети Петри*. Кластер сети Петри является ее подмножеством, т. е. множества P, T, L и C являются подмножествами сети более высокого уровня, а функции $Ц_t$, $Ц_c$ и $Ц_w$ равны функциям сети более высокого уровня. Это понятие понадобится нам в дальнейшем.

Введем следующие функции:

– $Ц^t_s : s \to p$ – функция трансляции состояний системы, где $s \in S$, $p \in P$, причем

$$Ц^t_s(s_1) \neq Ц^t_s(s_2)\ \forall\ s_1, s_2 \in \mathrm{S},\ s_1 \neq s_2,$$

– $Ц^t_f : f \to t$ – функция трансляции функций системы, где $f \in F$, $t \in \mathrm{T}$, причем

$$Ц^t_f(f_1) \neq Ц^t_f(f_2)\ \forall\ f_1, f_2 \in \mathrm{F}, f_1 \neq f_2,$$

кроме того $Ц_t(t) = I(f)$;

– $Ц^t_r : r \to c$ – функция трансляции ресурсов системы, где $r \in R$, $c \in \mathrm{C}$, причем

$$Ц^t_r(r_1) \neq Ц^t_r(r_2)\ \forall\ r_1, r_2 \in \mathrm{R},\ r_1 \neq r_2,$$

– $Ц^t_j : j \to N_c$ – функция трансляции логических развязок системы, где $j \in J$; N_c – кластер сети Петри, обладающий следующими свойствами:

$$\forall (j, s) \in L_j\ \exists\ (N_c, p) \in L,$$
$$\forall (j, f) \in L_j\ \exists\ (N_c, t) \in L,$$
$$\forall (s, j) \in L_j\ \exists\ (p, N_c) \in L,$$
$$\forall (f, j) \in L_j\ \exists\ (t, N_c) \in L,$$
$$\forall (j_1, j_2) \in L_j\ \exists\ (N_{c1}, N_{c2}) \in L$$

где $s \in S$; $f \in F$; $p \in P$; $t \in T$; $p = Ц^t_s(s)$; $t = Ц^t_f(f)$;

– $Ц^t_{lp} : l_p \to l$ – функция трансляции процессных дуг системы, где $l_p \in L_p$, $l \in L$, причем

$$Ц^t_{lp}(l_{p1}) \neq Ц^t_{lp}(l_{p2})\ \forall\ l_{p1}, l_{p2} \in \in L_p,\ l_{p1} \neq l_{p2},\ Ц_w(l) = 1c_p;$$

– $Ц^t_{lr} : l_r \to \{l_i, l_o\}$ – функция трансляции ресурсных дуг системы, где $l_r \in L_r$; $l_i, l_o \in L$, для l_i и l_o справедливо следующее: $Ц_l(l_i) = (p_r, Ц^t_f(f))$, $Ц_l(l_o) = (Ц^t_f(f), p_r)$, где $f \in F$; $f \in Ц_r(l_r)$; $Ц_w(l_i) = Ц_w(l_o) = m_r$, m_r равно мультимножеству с количеством фишек цвета $Ц^t_r(r)$, где $r \in R$ и $r \in Ц_r(l_r)$, равным $W(l_r)$;

– $Ц^t_{lj} : l_j \to l$ – функция трансляции дуг логических развязок системы, где $l_j \in L_j$; $l \in L$, причем l связывает кластер сети Петри $Ц^t_j(j)$ с другой вершиной сети Петри.

Используя определенные выше функции, выполним трансляцию моделей в нотации ARIS eEPC в цветные сети Петри. Кластеры будем использовать для моделирования логических развязок.

По определению логической развязки «Или» функция Function может выполняться в семи различных комбинациях, соответствующих значению «Истина» дизъюнкции трех высказываний, принимая за «Истину» развитие процесса по каждой из ветвей Event 1…3 (рис. 1). В соответствующем кластере сети Петри будет по одному переходу для каждого случая. Эти переходы связывают три входные вершины с выходной. Связи между вершинами и переходами определяют, из какой позиции забирать фишки, т. е. какие события уже наступили.

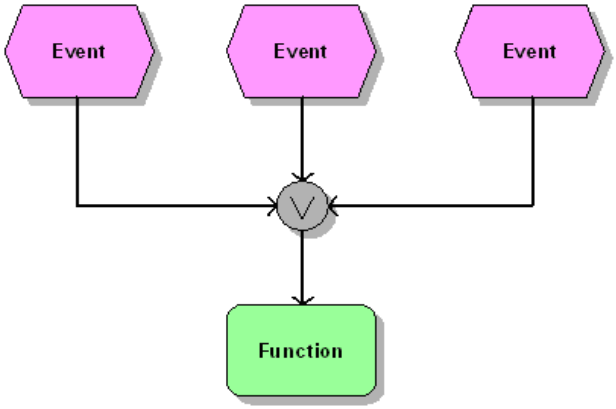


Рис. 1

Но применение кластера в таком виде не удобно, так как присутствует необходимость в соответствии сложной схемы соединения исходных элементов (событий) и результирующего (функции). Для решения данной проблемы в кластер были добавлены еще два интерфейсных слоя (рис. 2).

Аналогично решается задача преобразования для развязок, соответствующих логическим функциям «И» и «Исключающее или», а также для кластеров, соответствующих разветвлению логики процесса.

После построения дерева маркировок полученной сети Петри производим ее отображение на исходные объекты бизнес-модели, т. е. обратную трансляцию. Для этого определим функции обратной трансляции, обратные описанным выше:

– $\Phi^{-1^t}_s$ – функция трансляции позиций сети Петри в состояния системы;

– $\Phi^{-1^t}_f$ – функция трансляции переходов сети Петри в функции системы;

– $\Phi^{-1^t}_r$ – функция трансляции цветов сети Петри в ресурсы.

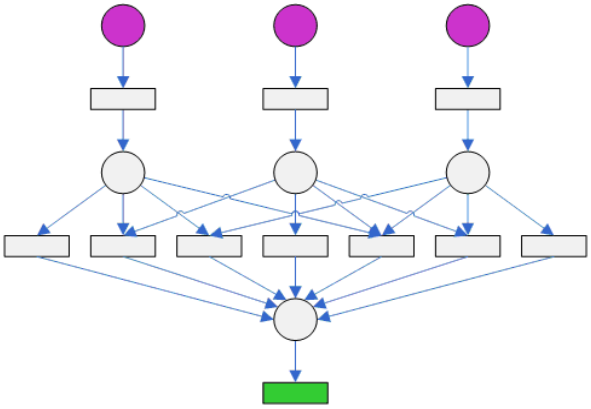


Рис. 2

Процесс обратной трансляции выглядит следующим образом:

1. Исходное состояние для каждой вершины дерева получаем на основе функции $\Phi^{-1^t}_s$.

2. За счет применения функции $\Phi^{-1^t}_f$ и информации о переходе, которому соответствует дуга, производим преобразование каждой дуги дерева маркировок в дополнительную вершину дерева состояний системы.

3. Для каждой вершины определим ресурсы, потребляемые и производимые ею:

– с помощью функции $Ц_l$ находим связи перехода с хранилищами ресурсов (p_r);

– если такая связь существует, то при помощи функции $Ц_w$ определяем выражения на дугах, связывающих переход с хранилищем, которые затем с помощью функции $\Phi^{-1^t}_r$ транслируем в потребляемые и производимые ресурсы.

Таким образом получаем расширенное дерево всех возможных состояний и функций системы.

Анализ минимального и максимального количества фишек в позиции сети Петри, примененный к позиции «Хранилище ресурсов», позволяет определить минимальное и максимальное наличие ресурсов в системе за анализируемый период. Использование функции $\Phi^{-1^t}_r$ дает возможность получить данную информацию в терминах бизнес-системы.

Исследуя переходы сети Петри на живость и применяя к результатам функцию $\Phi^{-1^t}_f$, можно определить мертвые (никогда не выполняющиеся) функции бизнес-системы.

Кроме того, информация о типах листьев дерева состояний и функций системы позволяет определить тупиковые состояния системы. Это особенно важно для циклических процессов. Для таких процессов любой лист дерева состояний и функций системы должен быть либо циклом, либо повтором. Если же он является просто листом (тупиковым элементом), то цепочка событий (путь от вершины дерева к данному листу) является цепочкой событий, блокирующих систему.

При трансляции исходной диаграммы получается сеть Петри, расширенная временем, в связи с чем можно проанализировать время работы процесса в целом. Минимальное и максимально время работы процесса определяют как минимальное и максимальное время сети на момент остановки при различных комбинациях срабатывания переходов. При этом следует отметить, что данная информация не может быть получена для циклических процессов.

Таким образом, разработанные авторами методика и программное обеспечение обеспечивают решение задачи динамического моделирования бизнес-систем на основе результатов регламентации бизнес-процессов.

Библиографический список

1. Калянов, Г. Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов / Г. Н Калянов. М. : СИНТЕГ, 2000. 212 с.

2. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство / М. Каменнова, А. Громов, М. Ферапонтов, А. Шматалюк. М. : Весть-Метатехнология, 2001. 327 с.

3. Шеер, А. В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы : пер. с англ. / А. В. Шеер. 2-е изд., испр. и доп. М. : АОЗТ «Просветитель», 1999. 153 с.

4. Шеер, А. В. Моделирование бизнес-процессов : пер. с англ. / А. В. Шеер. 2-е изд., испр. и доп. М. : ООО «Издательство „Серебряные нити“», 2000. 205 с.

5. Jensen, K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use / K. Jensen. Berlin : Spingler, 1996. 1997.

6. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. М. : Наука, 1984.

M. G. Dorrer, V. V. Kurokhtin

DECISION OF TASK OF DIRECT AND REVERSE TRANSFORMATION BETWEEN COLORED PETRI NETS AND BUSINESSMODELS

It is considered the methods of translating business models into colored Petri nets for the purpose of source process analysis by the imitation modeling.

УДК 681.3.06

М. Г. Доррер, А. А. Некрасова

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПИ МАРКОВА, РАССЧИТАННЫХ ИСХОДЯ ИЗ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Рассмотрен подход к решению проблемы идентификации структуры модели бизнес-процессов организации на основании объективных данных, извлеченных из информационной системы. Показано, что на основе плоских таблиц, представляющих собой заголовки электронных документов атрибутированных датой отправления, отправителем и получателем (в том числе, косвенно), возможно восстановить параметры цепи Маркова, описывающей данную организационную систему. Полученные вероятностные характеристики бизнес-системы позволяют оценить структуру модели бизнес-процессов.

Введение. Все большее количество организаций, как частных, так и государственных, занимаются разработкой моделей бизнес-процессов своей деятельности. Это необходимо и для улучшения управляемости организации, и для проведения сертификации на соответствие стандартам серии ISO 9000. Кроме того, такое требования сейчас предъявляются даже многими контролирующими государственными органами.

Для организаций, уже разработавших свою модель бизнес-процессов, возникает задача поддержания созданной модели в актуальном состоянии. Эта задача одинаково актуальна как для тех организаций, которые используют управление по бизнес-процессам как механизм совершенствования деятельности, так и для тех, что ограничивают использование бизнес-процессов лишь получением сертификата. Для первых соответствие модели бизнес-процессов реальной ситуации является внутренней потребностью, а для вторых – требованием сертифицирующих органов.

Особо следует отметить, что разработка и уточнение модели бизнес-процессов – это весьма трудоемкий, а главное – субъективный процесс. В связи с этим все большую актуальность приобретает проблема сбора объективной информации о структуре бизнес-модели.

Для того чтобы решить данную проблему, нужна реальная информация о движении материальных и информационных потоков в организации. В данной статье будем рассматривать информационные потоки, прошедшие через информационную систему (ИС) организации. Объектом исследования являются организации, уже имеющие информационную систему, регистрирующую контакты между участниками рабочих процессов, но еще не имеющие формально описанной модели своей деятельности либо желающие ее уточнить.

Решением проблемы субъективности и высокой трудоемкости создания бизнес-модели будет объединение методики формального бизнес-моделирования и данных информационной системы. Именно такой подход позволит обеспечить построение модели бизнес-процессов на базе объективных и измеримых показателей, необходимых для бизнес-аналитиков (внутренних либо внешних консультантов), исследующих бизнес-процессы организации; руководителей, принимающих решение об организационной структуре предприятия (организации) и отладке взаимодействия между подразделениями; менеджеров, внедряющих или сопровождающих в организации управление на основе бизнес-процессов.

Исходные данные. Получение частотных характеристик бизнес-системы реализовано на основе данных системы электронного документооборота (СЭДО) учреждения одной из федеральных служб. Использованные экспериментальные данные представляют собой обобщенные в виде двумерных таблиц заголовки сообщений СЭДО. Работа велась в системе OfficeMedia на платформе Lotus Notes.

Для исследования были взяты статистические данные документооборота за период более 5 лет. Поток проходящих регистрацию организационно-распорядительных документов к 2005 г. достиг 77 883 единиц в год, а всего за 5 лет было зарегестрированно более 200 000 документов.

Для обработки данных, хранящихся в СЭДО, была разработана программа извлечения заголовков электронных документов из системы OfficeMedia в программу MS Excel.

Для получения частотных характеристик использовались программы-макросы Excel, позволяющие перейти от косвенной адресации (например, «Всем отделам», «Всем филиалам») к прямой. В результате такой обработки на основе среза данных по заголовкам электронных документов были получены статистические данные, отражающие частоты движения документов между бизнес-системой и внешней средой и между структурными единицами этой бизнес-системы.

Значения, определяемые при частотном анализе бизнес-системы. Описание модели бизнес-процесса базируется на графовой модели, введенной Г. Н. Каляновым в работе [1].

Для того интерпретации движения документов как выполнения бизнес-функций была составлена табл. 1.

Частота выполнения бизнес-функций i-м сотрудником $н_i$ соответствует суммарной частоте упоминания i-го сотрудника в поле сообщений «Получатель».

Таблица 1

Сравнение параметров документооборота и исходных данных модели бизнес-процессов

Параметр	Исходные данные
Частота выполнения бизнес-функций i-м сотрудником	Частота получения внешних входящих документов её как $н_i^{вх.внеш}$ Частота получения внутренних входящих документов $н_i^{вх.внут}$
Вероятность развития бизнес-процесса p_{ij} таким образом, что управление передается от i-го сотрудника к j-му	Частота отправления внешних исходящих документов $н_i^{исх.внеш}$ Частота отправления внутренних исходящих документов от сотрудника i сотруднику j $н_{ij}^{исх.внут}$

Формула для ее расчета имеет вид $н_i = н_i^{ВхВнеш} + н_i^{ВхВнут}$.

Вероятность развития процесса p_{ij} таким образом, что управление от i-го сотрудника передается j-му, определяется от i-го сотрудника j-му по формуле

$$p_{ij} = \frac{н_{ij}^{исх.внут}}{\sum\limits_{k=1,N} н_{ik}^{исх.внут} + н_i^{исх.внеш}},$$

где $н_{ij}^{исх}$ – частота отправления корреспонденции,

Идентификация числовых параметров цепи Маркова, описывающей исследуемую бизнес-систему. Полученные при частотном анализе частоты и вероятности были использованы для идентификации значений числовых параметров цепи Маркова: средней вероятности нахождения в состоянии $x_i(t_k)$ и вероятности перехода p_{ij} [2].

При этом необходимо выполнить следующие сопоставления:

– набор бизнес-функций бизнес-системы N сопоставим с пространством состояний цепи Маркова $\{S_1, ..., S_n\}$. При этом дополнительно с состоянием S_0 сопоставим всех отправителей из внешней среды, а с состоянием S_{n+1} – всех получателей во внешней среде;

– набор управляющих ребер бизнес-системы E сопоставим с набором переходов цепи Маркова P.

Идентификация структуры модели бизнес-процессов. Эта идентификация проводится для определения состава активных функций и связей системы.

Состав активных функций может быть определен на основании анализа $x_i(t_k)$ – вероятности пребывания системы в состоянии, соответствующем дщанной бизнес-функции. Физически параметр $x_i(t_k)$ в данной задаче означает долю общего числа заданий системы, проходящих через данную бизнес-функцию N.

Состав связей системы может быть получен на основании анализа $p_{ij}(t_k)$ – вероятности перехода между состояниями, соответствующими бизнес-функциям i и j. Физически параметр $p_{ij}(t_k)$ в нашем случае означает долю заданий, переданных i-й функцией j-й функции в общем числе заданий, передаваемых i-й функцией, что позволяет говорить об этом параметре как о плотности данной связи.

Определение набора связей между функциями бизнес-системы. Исследование матрицы переходных вероятностей $P(t_k)$ позволяет получить рекомендации по формированию и улучшению модели бизнес-процессов предприятия, т. е. по идентификации структуры связей бизнес-модели.

Для исключения избыточности набора связей была применена процедура контрастирования на основании вероятности перехода между состояниями и доверительного интервала данной вероятности.

Оценка вероятности перехода из состояния S_i в состояние S_j, вычисленная по методу наибольшего правдоподобия, определится по формуле

$$\widehat{p}_{i,j} = M_{i,j} / N_i = \sum_{k=1}^{m} u_{i,j}^k / \sum_{k=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} u_{i,j}^k,\ i, j = 1, ... n, \quad (1)$$

где M_{ij} – количество внутренних исходящих от i к j ($н_{ij}^{исх.внут}$); $N_i = \sum\limits_{i=1,N}\sum\limits_{j=1,N} н_{ij}^{исх.внут} + \sum\limits_{i=1,N} н_i^{исх.внеш}$ – общее количество исходящих (внешних и внутренних) из i-й функции.

Доверительная оценка полученных вероятностей в нашем случае может быть рассчитана на основе следующего уравнения:

$$p_{i,j}{}^2(1+\frac{z_б^2}{N_i}) - p_{i,j}(2\widehat{p}_{i,j} + \frac{z_б^2}{N_i}) + \widehat{p}_{i,j}{}^2 < 0,$$
$$i, j = 1, ... n, \quad (2)$$

где $z_б$ – величина, зависящая от уровня надежности оценки. В частности, при б = 0,05, т. е. при уровне надежности 1 – б = 0,95, величина $z_б$ = 1,96.

Корни неравенства (2) $p_{i,j}{}^+$ и $p_{i,j}{}^-$ представляют собой верхнюю и нижнюю границу возможных значений оценки вероятности $\widehat{p}_{i,j}$, $i, j = 1, ... n$. Эти корни имеют вид

$$p_{i,j}{}^{\pm} > \frac{(2\widehat{p}_{i,j} + \frac{z_б^2}{N_i}) \pm \sqrt{(2\widehat{p}_{i,j} + \frac{z_б^2}{N_i})^2 - 4\widehat{p}_{i,j}{}^2(1+\frac{z_б^2}{N_i})}}{2(1+\frac{z_б^2}{N_i})}.$$

Для контрастирования набора связей введем параметр p_K, который в дальнейшем будем именовать порогом контрастирования набора связей.

Далее определим матрицу

$$E^K \begin{vmatrix} E_{11}^K & \dots & E_{1N}^K \\ \dots & \dots & \dots \\ E_{N1}^K & \dots & E_{NN}^K \end{vmatrix} : E_{ij}^K =$$

$$= \begin{cases} 1 \text{ при } \hat{p}_{i,j} > p_K \text{ и } (p_{i,j}^{\ +} - p_{i,j}^{\ -})\text{в} < \hat{p}_{i,j}, \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (3)$$

где в – коэффициент заданной надежности оценки вероятности. В данной задаче экспертно примем его равным 0,5.

Порог контрастирования в выполняемых экспериментах составляет 0,05, что говорит о том, что если связь срабатывает с вероятностью не более 5 %, то она незначима. Порог вероятности 5 % является стандартным критерием надежности, используемым в инженерных расчетах, для него же рассчитаны и доверительные интервалы для вероятностей переходов.

Таким образом, в модели остаются те связи, у которых вероятность перехода выше заданного порога контрастирования, а среди этих связей – только те, у которых доверительный интервал вдвое меньше значения самой вероятности. Такая формула позволяет отсечь переходы с низкой относительной частотой, а также переходы с низкой общей частотой (по формуле (2) следует, что величина доверительного интервала тем больше, чем меньше количество экспериментов).

При выполнении контрастирования набора связей бизнес-системы аналитик может выдать предложение об исключении связи с нулевой живостью из бизнес-модели либо о добавлении связи, у которой живость стала равна 1.

Анализ частот передачи документов по направлениям. Частоты хождения документов между службами организации, вычисленные на основе анализа экспериментальных данных по движению электронных документов организации за один месяц, представлена в табл. 2. Столбец «Исходящие» соответствует частоте передачи внешнего исходящего документа из конкретного подразделения. Строка «Входящие» показывает частоту поступления внешних входящих документов в каждое подразделений.

Анализ вероятностей переходов между состояниями. На основании табл. 2 была рассчитана матрица вероятностей переходов между состояниями (табл. 3).

Восстановление структуры связей. Для выполнения задачи контрастирования связей бизнес-сиситемы была рассчитана матрица величин доверительных интервалов $p_{i,j}^{\ +} - p_{i,j}^{\ -}$ для каждой из вероятностей переходов, приведенных в табл. 4.

Таблица 2

Частота выполнения бизнес-функций за один месяц

Подразделение	Частота выполнения												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	25	459	375	555	573	188	97	219	196	477	2 380	52	0
Начальник	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Основная деятельность	1	51	7	8	9	4	3	128	3	45	114	1	56
Кадровая служба	6	24	170	42	39	23	11	359	16	216	71	5	66
Правоохранительная работа	0	0	2	1	0	1	0	16	0	9	10	0	278
Экономический блок	0	3	4	3	14	0	0	40	0	13	21	0	597
Служба силового обеспечения	1	4	8	8	7	11	2	30	4	22	10	1	0
Служба собственной безопасности	0	0	1	0	0	0	1	5	0	3	0	0	25
ИТС	1	3	6	1	1	1	2	37	3	14	18	0	19
Тыловая служба	0	0	2	1	0	0	0	12	7	14	1	0	41
Подразделения прямого подчинения	1	1	5	2	3	1	4	69	1	41	15	0	119
Территориально удаленные отделы	0	13	7	1	31	0	0	93	1	36	99	0	55
ЭИО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Вероятность перехода между состояниями (за один месяц)

Подразделение	Вероятность перехода												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящте
Входящие	0,004	0,082	0,067	0,099	0,102	0,034	0,017	0,039	0,035	0,085	0,425	0,009	0,000
Начальник	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
Основная деятельность	0,002	0,119	0,016	0,019	0,021	0,009	0,007	0,298	0,007	0,105	0,265	0,002	0,103
Кадровая служба	0,006	0,023	0,162	0,040	0,037	0,022	0,010	0,343	0,015	0,206	0,068	0,005	0,063
Правоохранительная работа	0,000	0,000	0,006	0,003	0,000	0,003	0,000	0,050	0,000	0,028	0,032	0,000	0,877
Экономический блок	0,000	0,004	0,006	0,004	0,020	0,000	0,000	0,058	0,000	0,019	0,030	0,000	0,859
Служба силового обеспечения	0,009	0,037	0,074	0,074	0,065	0,102	0,019	0,278	0,037	0,204	0,093	0,009	0,000
Служба собственной безопасности	0,000	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000	0,029	0,143	0,000	0,086	0,000	0,000	0,714
ИТС	0,009	0,028	0,057	0,009	0,009	0,009	0,019	0,349	0,028	0,132	0,170	0,000	0,179
Тыловая служба	0,000	0,000	0,026	0,013	0,000	0,000	0,000	0,154	0,090	0,179	0,013	0,000	0,526
Подразделения прямого подчинения	0,004	0,004	0,019	0,008	0,011	0,004	0,015	0,263	0,004	0,156	0,057	0,000	0,454
Территориально удаленные отделы	0,000	0,039	0,021	0,003	0,092	0,000	0,000	0,277	0,003	0,107	0,295	0,000	0,164
ЭИО	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Таблица 4

Матрица величин доверительных интервалов за один месяц

Подразделение	Доверительный интервал												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделения прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящте
Входящие	0,004	0,014	0,013	0,016	0,016	0,009	0,007	0,010	0,010	0,015	0,026	0,005	0,001
Начальник	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793	0,793
Основная деятельность	0,013	0,061	0,025	0,027	0,028	0,020	0,018	0,086	0,018	0,058	0,083	0,013	0,064
Кадровая служба	0,010	0,018	0,045	0,024	0,023	0,018	0,013	0,057	0,015	0,049	0,031	0,009	0,030
Правоохранительная работа	0,012	0,012	0,021	0,017	0,012	0,017	0,012	0,049	0,012	0,038	0,040	0,012	0,072
Экономический блок	0,005	0,011	0,012	0,011	0,021	0,005	0,005	0,035	0,005	0,021	0,026	0,005	0,052
Служба силового обеспечения	0,049	0,077	0,101	0,101	0,096	0,115	0,060	0,167	0,077	0,151	0,111	0,049	0,034
Служба собственной безопасности	0,099	0,099	0,140	0,099	0,099	0,099	0,140	0,231	0,099	0,194	0,099	0,099	0,287
ИТС	0,050	0,070	0,092	0,050	0,050	0,050	0,061	0,179	0,070	0,129	0,142	0,035	0,145
Тыловая служба	0,047	0,047	0,082	0,067	0,047	0,047	0,047	0,160	0,130	0,169	0,067	0,047	0,216
Подразделения прямого подчинения	0,021	0,021	0,036	0,025	0,029	0,021	0,033	0,106	0,021	0,088	0,057	0,014	0,120
Территориально удаленные отделы	0,011	0,042	0,032	0,016	0,062	0,011	0,011	0,095	0,016	0,066	0,097	0,011	0,079
ЭИО	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

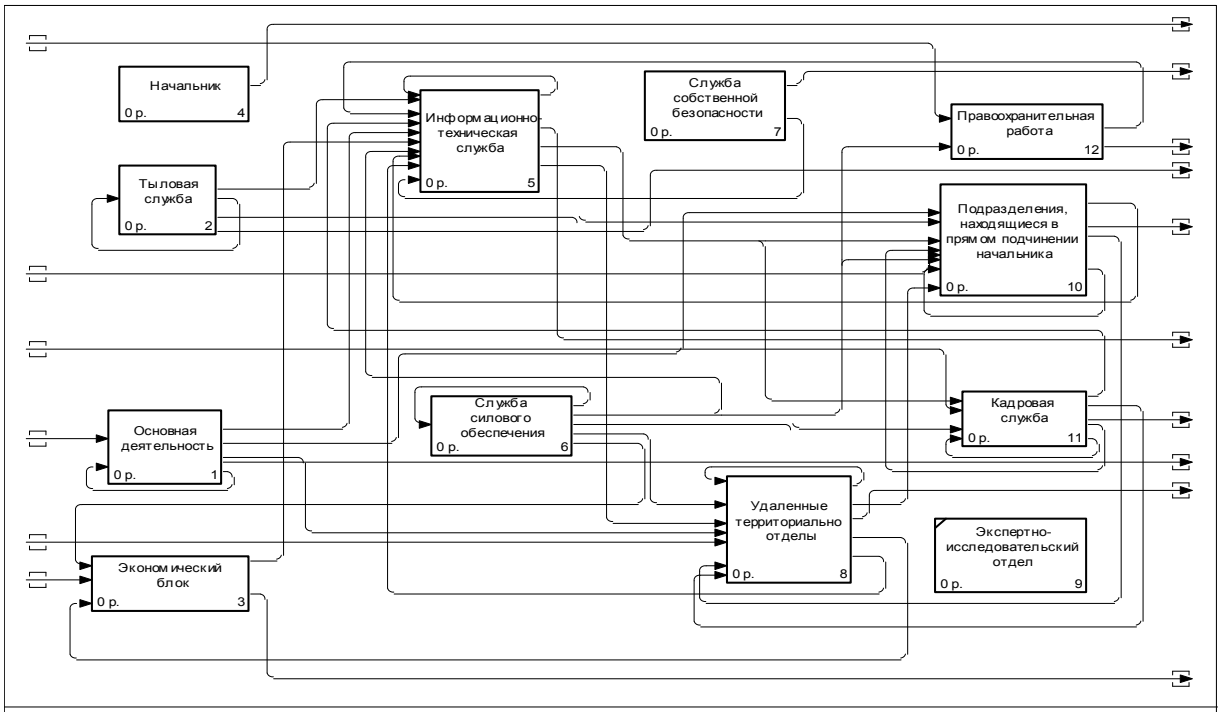
На основании табл. 3 и 4 по формуле (3) выполнялось контрастирование набора связей. Результат представляет собой матрицу живости связей бизнес-модели (табл. 5). В терминах графовой модели – это матрица смежности узлов *N* (функций) графа модели бизнес-процессов через множество управляющих ребер *E*. Для строки «Входящие значение 1 в *j*-м столбце показывает значимую связь между внешней средой и данной бизнес-функцией, для столбца «Исходящие» – значимую связь между данной функцией и внешней средой.

Представление полученной структуры моделей бизнес-процессов в формате IDEF0 [3]. Представим матрицы смежности графа модели бизнес-процесса в графическом формате в соответствии с методологией IDEF0 (см. рисунок).

Таблица 5

Матрица живости связей бизнес-модели за один месяц

Подразделение	Контрастирование												
	Начальник	Основная деятельность	Кадровая служба	Правоохранительная работа	Экономический блок	Служба силового обеспечения	Служба собственной безопасности	ИТС	Тыловая служба	Подразделение прямого подчинения	Территориально удаленные отделы	ЭИО	Исходящие
Входящие	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Начальник	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Основная деятельность	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Кадровая служба	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Правоохранительная работа	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Экономический блок	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Служба силового обеспечения	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
Служба собственной безопасности	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ИТС	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Тыловая служба	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Подразделения прямого подчинения	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Территориально удаленные отделы	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
ЭИО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Набор связей бизнес-системы, контрастированный по вероятностям переходов и доверительным интервалам данных вероятностей, представленный в формате IDEF0

Как уже отмечалось ранее, значение 1 в ячейке (i, j) матрицы живости связей в IDEF0 соответствует связи с правой грани функции i (с выхода) к левой грани функции j (на вход). Для столбца «Исходящие» связь проводится к внешнему краю диаграммы (на выход из системы), для строки «Входящие» – от левого внешнего края диаграммы к j-й функции (от внешнего входа на вход функции).

Специальные виды стрелок IDEF0: «Управление» – вход в верхнюю грань блока и «Механизм» – вход в нижнюю грань – здесь не рассматриваются, поскольку разделение потока документов по типам стрелок требует анализа смыслового наполнения каждого из документов, что не входило в нашу задачу.

Рассмотрев результаты обработки имеющихся экспериментальных данных по движению электронных документов в организации на основании предложенных алгоритмов обработки, мы можем сделать следующие выводы:

– на основе данных электронного документооборота могут быть получены вероятностные параметры цепи Маркова, описывающей организационную систему;

– эти параметры позволяют восстановить значимые функции и связи модели бизнес-процессов и тем самым идентифицировать структуру модели.

Таким образом, авторами представлена методика, позволяющая с приемлемым качеством производить идентификацию функциональной модели бизнес-процессов предприятия на основе статистических параметров электронного документооборота.

Библиографический список

1. Калянов, Г. Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов / Г. Н Калянов. М. : СИНТЕГ, 2000. 212 с.

2. Кемени, Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл. М. : Наука, 1970. 450 с.

3. Черемных, С. В. Структурный анализ систем IDEF / С. В. Черемных. М. : Финансы и статистика, 2003. 208 с.

M. G. Dorrer, A. A. Nekrasova

RESTORATION OF STRUCTURE OF THE BUSINESS-PROCESSES MODEL OF THE ORGANIZATION ON THE BASIS OF THE PARAMETERS OF MARKOVS CHAIN CALCULATED ON THE WORKFLOW-SYSTEM DATA

It is considered the approach to the decision of a problem of identification of structure of business-processes model of the organization on the basis of the objective data taken from corporative information system. It is shown that the flat tables with headings of electronic documents attributed with the date of departure, the sender and the addressee (including indirectly) allow to restore parameters of Markovs chain, describing the organizational system. Received likelihood characteristics of business-system allow to estimate the structure of the business-processes model.

УДК 681.3.06

М. Г. Доррер, В. В. Слюсаренко

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧИСЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены подход и метод идентификации параметров бизнес-процессов на основе функционирования АСУ малого (среднего) класса экономических систем

Организационную систему предприятия можно представить в виде взаимосвязанных функциональных модулей. Каждый из этих модулей характеризуется функциональными параметрами, которые рассчитываются при организации процессного подхода к управлению.

Процессная система управления основана на моделировании бизнес-процессов, для каждого из которых требуется определить числовые показатели их оценки. Эти показатели образуют систему оценки эффективности деятельности организации. Предложенная автором методика позволяет организовать расчет числовых показателей на основе учетных данных автоматизированных систем управления (АСУ)(«1С: Предприятие 7.7», БЭСТ, «Парус» и др.), или, другими словами, идентифицировать информационную структуру АСУ с функциональной.

Актуальной является задача расчета числовых параметров модели бизнес-процессов на основе функционирования АСУ малого (среднего) класса экономических систем. В данной статье представлены подход и метод, позволяющие рассчитать числовые параметры этих бизнес-процессов.

Подход к идентификации параметров бизнес-процессов реализован исходя из следующих предположений:

– исследуемый объект – организационная система (бизнес-система) [1];

– идентифицируемые параметры исследуемого объекта – числовые значения бизнес-системы: затраты и доход от выполнения бизнес-процессов; расходы на выполнение бизнес-процессов согласно общехозяйственным и общепроизводственным статьям затрат; временные характеристики бизнес-процессов (время выполнения, время ожидания, подготовительно-завершающее время);

– измерение состояния бизнес-системы обеспечивается выполнением учетных операций с помощью АСУ;

– реализуется принцип пассивной идентификации параметров бизнес-модели, объект функционирует в контуре управления и находится в процессе нормальной эксплуатации [2].

Формальное описание бизнес-процесса может быть представлено графом управления бизнес-функциями

$$G(N, n_0, n_ф, E, M, EM, EN, R, ER),$$

где N – множество узлов, каждый из которых соответствует бизнес-функции; n_0 и $n_ф$ – входной и завершающий узлы; E – множество управляющих ребер, такое что $\forall i, j \in N \cup \{n_0, n_ф\} : (i, j) \in E$, если возможна ситуация, когда за выполнением бизнес-функции i будет выполняться бизнес-функция j; M – множество узлов, соответствующих структурным единицам организации; EM – множество ребер подчиненности, такое, что $\forall i, j \in M : (i, j) \in EM$, если структурная единица j подчинена структурной единице i; EM – множество ребер исполнения бизнес-функции, такое что, $\forall i \in M, j \in N : (i, j) \in EN$, если бизнес-функция j может быть выполнена в подразделении i; R – множество ресурсов предприятия; ER – множество взвешенных ребер использования ресурсов, такое что $\forall i \in R, j \in N : (i, j) \in ER$, если бизнес-функция j использует при своем выполнении ресурс i [3].

Для любой современной АСУ идентификация параметров модели бизнес-процессов может быть реализована при выполнении следующих требований:

– сопоставление дерева функций моделей и категоризации видов деятельности в учетной системе АСУ;

– отражение в учетной системе расхода ресурсов на выполнение операций (бизнес-функций), анализ состава первичных документов при управлении и ведении финансово-хозяйственной деятельности предприятия [4];

– полное сопоставление модели деятельности и учетной системы организации путем привязки учетных данных из АСУ организации по результатам деятельности к модели бизнес-процессов.

Основными элементами организации как управляемой системы являются объект управле-

ния, субъект управления, входные материальные потоки, выходные материальные потоки, информационные потоки о состоянии объекта управления, потоки управления.

Идентификацию числовых параметров рассмотрим на смоделированном подпроцессе «Обработка заказа на поставку» бизнес-процесса «Поставка товарно-материальных ценностей» (см. рисунок) [5]. В этом подпроцессе в свою очередь выделим подпроцесс «Управление поставкой товарно-материальными ценностями» и рассчитаем ею основные стоимостные показатели.

Фрагмент бизнес-процесса движения материалов в организации

Выделим основные параметры:

– расходы ресурсов на выполнение бизнес-процесса;

– эффективность деятельности бизнес-процесса (процесса в целом либо по операциям);

– время выполнения бизнес-процесса (процесса в целом либо по операциям);

– стоимость бизнес-процесса.

Для учетных данных в АСУ основные параметры будут следующие:

– документы;

– затраты на каждую операцию;

– должностные единицы;

– товарно-материальные ценности;

– ресурсы организации;

– объем материала (фактически поставленный материал).

Из приведенных параметров необходимо выделить сопоставимые параметры бизнес-модели и учетных данных АСУ.

Эффективность выполнения бизнес-процесса получаем по отношению затраченных ресурсов на входе процесса со стоимостью на выходе.

Подход к идентификации числовых показателей бизнес-процессов реализуется на подборе первичных документов, бухгалтерских операциях, установленных статей затрат, ресурсах организации под управлением АСУ. Этапы расчета числовых показателей бизнес-процессов (см. таблицу) следующие:

– формирование списка первичных документов, операций, исполнителей и соответствующих статей затрат;

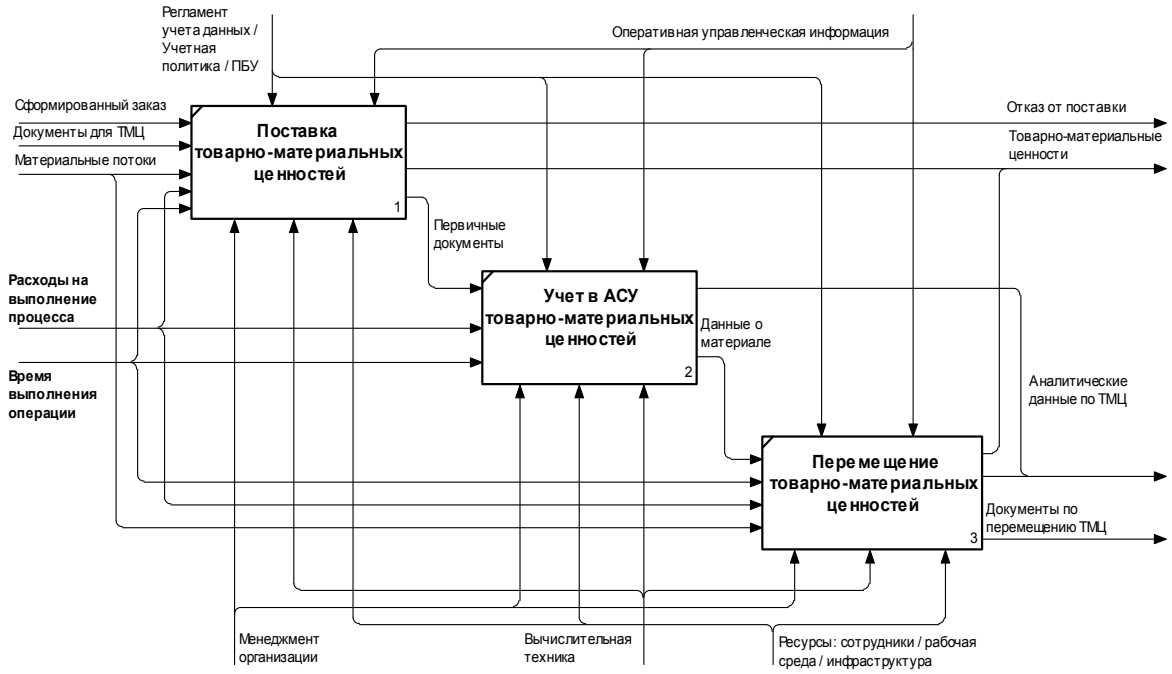
– проверка на правильность формирования списка первичных параметров;

– расчет числовых параметров по списку ключевых показателей;

– формирование полученных результатов.

Таким образом, используя полученные показатели, можно проводить анализ и делать выводы об эффективности работы бизнес-функций. Расхождения между целевыми и фактическими показателями бизнес-процесса являются стимулом для улучшения его организацию на предприятии.

Данный подход позволяет применять предложенную авторами методику расчета числовых показателей на АСУ малого (среднего) класса, что в конечном итоге поможет привести их к реализации процессного подхода к управлению.



Фрагмент бизнес-процесса движения материалов в организации

Расчет стоимостных показателей бизнес-процесса

1. Движение товарно-материальных ценностей								
1.1. Поставка товарно-материальных ценностей								
1.1.1. Управление поставкой ТМЦ								
Учетные операции, документы	Потребляемые ресурсы			Статьи затрат				
	Должностные единицы	Основные средства	Прочие ресурсы	Амортизация, руб.	Оплата труда, руб.	Материальные затраты, руб.	Прочие статьи затрат, руб.	Сумма по статьям, руб.
Оборотно-сальдовая ведомость	Руководитель	Компьютер	Связь	6,25	272,73	74,35	134,23	487,56
Анализ счета	Менеджер по продажам	Офисное здание	Электроэнергия	87,82	281,82			369,64
Карточка счета	Бухгалтер		Коммунальные		454,55			454,55
Журнал проводок								
Итого								1 311,75
1.1.2. Обработка заказа на поставку								
Документ на заказ	Руководитель	Компьютер	Связь			34,35	64,12	98,47
Договор с контрагентом	Менеджер по продажам	Офисное здание	Электроэнергия					
	Бухгалтер		Коммунальные					
Итого								**98,47**

Библиографический список

1. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. 3-е изд., испр. М. : Стандарты и качество, 2005. 408 с. : ил. (Сер. «Практический менеджмент»).

2. Мельников, О. В. Управление развитием организацией на основе бюджетного управления деятельностью / О. В. Мельников, В. А. Юрасов // XXXIX Международ. студ. конф. Новосибирск, 2002. С. 156

3. Калянов, Г. Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. М. : СИНТЕГ, 2000. 212 с.

4. Кондраков, Н. П. Бухгалтерский учет / Н. П. Кондраков. М. : Инфра-М, 2001. 640 с.

5. Маклаков, С. В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем / С. В. Маклаков. М. : Диалог-МИФИ, 2000. 256 с.

M. G. Dorrer, V. V. Slyusarenko

IDENTIFICATION OF FIGURE PARAMETERS OF BUSINESS-PROCESS BY AUTOMATIZED CONTROL SYSTEM DATA

It is considered the methods of business-processes parameters identification according to automatized control systems of low (middle) class economical systems.

УДК 38.1

М. Б. Епина

ЛОГИКО-СМЫСЛОВАЯ МОДЕЛЬ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ

Рассмотрена структура педагогической толерантности как профессионально важного качества педагога. Эта структура представлена в форме логико-смысловой модели, которая открывает возможность для углубленного изучения механизмов интенсификации процесса ее формирования.

Исследованию проблемы формирования, т. е. становления, воспитания, толерантности в научной литературе уделялось и уделяется достаточное внимание. Разработке теоретических основ понятия толерантности, ее природы, сущности и структуры посвящены труды философов, педагогов, психологов, социологов (И. В. Абакумовой, Т. З. Адамьянца, А. Г. Асмолова, Г. В. Безюлевой, Б. Э. Риэрдон, В. С. Библера, С. Л. Братченко, Б. З. Вульфова, А. А. Галкина, Б. С. Гершунского, В. М. Золотухина, И. С. Кона, Б. И. Коваля, У. Лара, Д. А. Леонтьева, В. А. Лекторского, М. П. Мчедлова, Г. Оллпорта, А. В. Перцева, А. А. Погодиной, М. И. Рожкова, Л. И. Рюмшиной, Е. О. Смирновой, Л. В. Скворцова, В. С. Собкина, П. В. Степанова, С. Ю. Степанова, М. Уолцера, М. Ферейры, М. Б. Хомякова, Г. М. Шеламовой, Л. А. Шкатовой, И. С. Якиманской и др.).

В последние годы в России проблема толерантности исследуется в рамках теории поликультурного образования. Его концептуальные основы разрабатываются А. Н. Джуринским, В. В. Макаевым, З. А. Мальковой, Л. Л. Супруновой. Широкий спектр проблем поликультурного образования: от общетеоретических проблем до конкретных рекомендаций по организации учебной деятельности – рассмотрен в учебных пособиях «Многокультурное образование» Г. Д. Дмитриева и «Поликультурное образование» А. А. Сыродеевой.

В работах Т. А. Балутина, В. Р. Маралова, В. А. Ситарова раскрывается содержание образования педагогики и психологии ненасилия.

Общеметодологические и психолого-педагогические проблемы воспитания (становления, формирования) толерантной личности исследуются А. Г. Асмоловым, И. В. Абакумовой, Б. Э. Риэрдон, В. С. Библером, Б. З Вульфовым В. М. Золотухиным, Л. И. Новиковой, М. И. Рожковым, Е. О. Смирновой, Г. У. Солдатовой, П. В. Степановым, Б. И. Хасаном, В. М. Холмогоровой, И. С. Якиманской и др.

Проблематику толерантности как устойчивого качества личности Р. Р. Валитова, В. М. Соколов, В. С. Собкин, В. И. Холмогорова, Л. В. Скворцов и др. соотносят с вопросами становления направленности личности: морально-нравственным развитием, ценностныеми установками а также с развитием самосознания и Я-концепции, разработкой проблем которых занимались И. В. Абакумова, К. А. Абульханова-Славская, Н. А. Бердяев, Р. Бернс, В. В. Глебкин, У. Джеймс, А. Капто, М. И. Лисина, А А. Ухтомский, С. Л. Франк, Э. Эриксон и др.

Проблемы формирования толерантности как феномена общественного бытия – своеобразного состояния человека, его действительного отношения к тем или иным явлениям окружающего мира – рассматриваются в контексте возрастных и индивидуальных особенностей межличностных отношений, которые являлись объектом исследования А. В. Петровского, Г. А. Цукерман, И. С. Якиманской, Г. В. Безюлевой, Р. Бэрона, Л. Н. Галигузовой, В. С. Мухиной, М. И. Лисиной, С. Ю. Мещеряковой, Т. А. Репиной, Д. Ричардсона, Е. О. Смирновой, Г. У. Солдатовой и др. Они также связываются с проблемами межконфессиональных и межнациональных отношений в трудах В. С. Библера, А. Г. Владимирова, Р. Гельдыева, А. М. Грачевой, Н. А. Груба, Ю. М. Евстигнеевой, Т. Б. Коваля, В. Н. Петрова, Б. Э. Риэрдон, З. В. Сикевича, Г. У. Солдатовой, В. С. Собкина и др.).

Работы В. Д. Зиновьева, Н. Ю. Кудзиевой, Л. П. Лаптевой, Н. Я. Макаровой, М. А. Перепелицыной, В. И. Таланова, С. Ю. Толстенковой посвящены формированию толерантности у студентов вуза.

Большое значение для исследования проблемы формирования педагогической толерантности как компоненты профессиональной культуры и профессионально важного качества будущих педагогов имеют научные работы А. Г. Асмолова, А. М. Байбакова, Г. В. Безюлевой, И. В. Воробьевой, Б. З. Вульфова, И. В. Ермаковой, П. Ф. Комогорова, О. Б. Крушельницкой, Л. М. Митиной, Н. Н. Михайловой, А. В. Мудрика, С. И. Осиповой, А. С. Панасюка, А. А. Погодиной, Е. Ю. Пономаревой, А. А. Реана, К. Роджерса, А. Н. Тубельского, Г. И. Чижаковой, Г. М. Шеламовой, Е. Г. Юдиной и др., рассматривающие особенности педагогической деятельности и субъект-субъектные взаимоотношения участников образовательного процесса.

Актуальность проблемы воспитания толерантной личности в современной России, не вызывает сомнений. Но толерантного ученика должен воспитывать толерантный педагог, который сам нуждается в формировании у себя педагогической толерантности. Однако, как отмечают многие исследователи, подготовка будущего педагога, осуществляемая современной системой образования, не отвечает насущным требованиям, предъявляемым обществом и государством. Большинство работ по проблемам формирования (воспитания, становления, развития) толерантности относятся либо к теоретическим (философским, социологическим, психологическим и т. п.) исследованиям

основ толерантности, либо к вопросам формирования общей толерантности.

Воспитание педагога с развитой культурой толерантности обусловлено спецификой педагогической деятельности и непрерывным повышением требований общества к личности педагога. Но педагогическая толерантность как научное понятие до сих пор не раскрыто в специальной педагогической литературе. В связи с вышеизложенным, не вызывает сомнений чрезвычайная важность и острая необходимость подготовки будущих педагогов, обладающих педагогической толерантностью, умением гибко мыслить, инициативно и творчески решать профессиональные и жизненные вопросы.

Педагогическая толерантность определяется как частный вид общей толерантности, включенный в определенную деятельность, в данном случае – в педагогическую (образовательную) деятельность. Выделенные в научной литературе признаки толерантности свойственны и педагогической толерантности. Кроме того, как и любой другой вид, педагогическая толерантность определяется рядом факторов специфических для той деятельности, в которую она включается: самой образовательной системой, образовательным учреждением; организацией образовательного процесса; субъектными особенностями педагога, прежде всего стилем его педагогической деятельности и характером взаимоотношений с обучаемыми и коллегами, а также субъектными особенностями других участников образовательного процесса.

Дадим определение педагогической толерантности.

Педагогическая толерантность – это личностное качество и принцип деятельности педагога, заключающиеся в признании ценности и уважении различий между субъектами образовательного процесса (педагогами, обучаемыми, их родителями, администрацией), признании права «другого» на инаковость, отказе от желания изменить его по своему образцу, умении адекватно понимать «другого» и стремлении строить демократические взаимоотношения со всеми субъектами образовательного процесса.

По мнению Б. З.Вульфова «толерантность – объективно динамичный феномен, за которым ценностные основания, нравственно-психологические ориентиры, которые тоже динамичны. Так создаются объективные возможности и пространство воспитания, то есть целенаправленного создания социально-педагогических условий изменения личности» [1].

Это в полной мере относится и к педагогической толерантности. Но для того чтобы знать, как ее формировать, необходимо знать, что должно быть сформировано, т. е. то, что составляет структуру педагогической толерантности.

Одна из особенностей современной науки состоит в переходе от аспектного исследования, которое охватывает одну сторону объекта, к комплексному изучению его как многомерного целого. Поэтому вопросы формирования педагогической толерантности необходимо рассматривать как комплексную проблему, которая включает соотношение общей и педагогической толерантности, взаимодействие ее структурных компонентов, выявление закономерностей и условий ее развития.

Исходя из этого, педагогическая толерантность, являющаяся многоаспектным и многокомпонентным феноменом, должна быть рассмотрена в единстве ее взаимодействующих компонентов. Необходимо отметить, что выделение педагогической толерантности из структуры общей толерантности личности и определение ее содержания в некоторой степени носит условный характер. Это возможно сделать лишь теоретически с целью раскрытия ее сущности, структуры взаимодействия и взаимосвязи компонентов, выявление критериев и уровней ее сформированности. Такой подход необходим для того, чтобы увидеть данное явление глубже, полнее. Являясь целостной системой, общая толерантность и педагогическая толерантность, в частности, обладает свойствами целого, не сводимыми к свойствам ее компонентов. В нашем исследовании будут выделены те компоненты педагогической толерантности, которые, с нашей точки зрения, являются базовыми, системообразующими, позволяющими судить об уровне развития педагогической толерантности, обладая которыми, педагог может реализовать себя как успешный специалист.

В последние годы, как отмечает Э. Ф. Зеер, в социальных науках получило признание отражение многомерных процессов и явлений в форме логико-смысловых моделей, которые представляют собой новый класс моделей отображения информации в многомерных смысловых пространствах. Многомерный подход позволяет объединить разнородные компоненты, сгруппированные с помощью координатно-матричных систем в логико-смысловые модели. Смыслообразующими координатами модели являются содержательные компоненты. Число координат зависит от эвристической сущности логико-смысловой модели.

Содержательные компоненты определяют область потенциального развития педагогической толерантности как профессионально-личностного качества педагога. Актуализация одной или нескольких компонент запускает механизм реализации всего потенциала личности педагога в контексте педагогической толерантности. В зависимости от профессиональной образовательной ситуации одна или несколько компонент становятся доминантными, определяющими развертывание потенциала личности.

Достоинством логико-смысловой модели выступает возможность визуального отображения многомерности любого психического феномена, отображения его ключевых конструктов на координатных осях. Кроме того, логико-смысловая модель по способу своего формирования является открытой структурой, в которую могут быть внесены коррек-

тивы на основании полученных опытно-поисковых и экспериментальных данных [2].

Представим разработанную нами логико-смысловая модель личности, где в качестве ее центрального образования (тематического ядра) выступает *педагогическая толерантность* (см. рисунок).

Педагогическая толерантность включает аксиологический, акмеологический, когнитивный, эмоциональный и поведенческий компоненты. Дадим характеристику структурных составляющих педагогической толерантности.

Аксиологическая компонента обеспечивает ценностное отношение к формированию и развитию педагогической толерантности как профессионально-личностного качества педагога и условия успешности профессиональной деятельности. «Зрелая толерантность – это много больше простой компетентности в толерантном поведении, когнитивной „оснащенности“ и эмоциональной готовности. Ценностное начало по отношению ко всем другим компонентам можно рассматривать как „системообразующий фактор“, который интегрирует и регулирует действие всех иных „периферийных“ психологических составляющих педагогической толерантности. Это, с другой стороны, предполагает различение толерантности как преходящего состояния и как устойчивой личностной позиции» [3].

Логико-смысловая модель толерантной личности педагога

Акмеологическая компонента способствует профессиональному самосовершенствованию педагога, развитию его интеллектуальной и коммуникативной активности, продуктивности педагогической деятельности, собственного инновационного потенциала. Без стремления к постоянному самосовершенствованию, которое в свою очередь определяется осознанием своих недостатков и умением их исправить, способностью педагога к самоконтролю и самоанализу, построением программы действий по самовоспитанию, педагог не может характеризоваться как высококлассный специалист. Профессиональным кредо современного педагога должна стать заповедь: имею право учить до тех пор, пока учусь сам. В современных исследованиях педагогическая деятельность определяется как одна из разновидностей творчества. Труд педагога не допускает однажды усвоенного алгоритма действий. Это постоянный поиск оптимальных решений педагогических задач, эксперимент, который требует от педагога цельного и твердого характера, педагогического мастерства, педагогического творчества.

Как отмечает И. С. Якиманская, «воспитание толерантной личности доступно только педагогу с *высоким инновационным потенциалом*, который определяется как совокупность социокультурных и творческих характеристик личности, выражающей готовность совершенствовать свою педагогическую деятельность. В *инновационный потенциал педагога* также включаются желание и возможность развивать свои интересы и представления, искать собственные нетрадиционные решения возникающих проблем, воспринимать и творчески воплощать уже существующие нестандартные подходы в образовании.

Для успешной работы в области инновационной педагогики необходимы следующие характеристики:

– творческая способность генерировать и продуцировать новые идеи, проектировать и моделировать их в практических формах, в конкретной деятельности;

– культурно-эстетическая развитость и образованность, что предполагает интеллектуальную развитость и высокий уровень грамотности педагога;

– открытость личности новому, что базируется на толерантности личности и гибкости мышления» [4].

Когнитивная компонента содействует реализации информационной функции, способствующей фиксированию в сознании субъекта информации об основных фактах, понятиях, раскрывающих сущность толерантности, особенностях ее формирования, правилах поведения в коммуникативных ситуациях, способах самопознания и познания других. Необходимость психолого-педагогических знаний выражается не в их механическом присвоении, а в осмысленном отборе, оценке, построении на их основе концептуальной схемы собственной деятельности. В огромном количестве знаний необходимо выделить именно те, которые нужны педагогу во всех видах его педагогической деятельности: обучающей, воспитательной, организаторской и т. п.

Эмоциональная компонента выполняет функцию понимания, реализующуюся в перцептивной адекватности, а также регулятивную функцию, реализующуюся в умении управлять личным эмоционально-психическим состоянием, деятельностью и поведением, в способности инициировать адекватное поведение студентов.

Поведенческая компонента составляет наиболее видимую часть «айсберга толерантности» и традиционно привлекает особое внимание как при диагностике, так и при обучении. К поведенческой компоненте толерантности относится большое число конкретных умений и способностей, необходимых для толерантного взаимодействия со всеми участниками образовательного процесса, организации процесса общения со студентами как творческого процесса, в котором не подавляется инициативность и изобретательность студентов, создаются условия для их полного творческого самовыражения и самореализации.

Таким образом, представленная в данной статье логико-смысловая модель раскрывает структуру педагогической толерантности, открывает возможность для углубленного изучения механизмов интенсификации процесса ее формирования как профессионально важного качества.

Библиографический список

1. Вульфов, Б. З. Воспитание толерантности: сущность и средства / Б. З. Вульфов // Внешкольник. 2002. № 6. С.12–16.

2. Зеер, Э. Ф. Профессиональное самоопределение и потенциал профессионала / Э. Ф. Зеер // Мир психологии. 2005. № 1. С. 141–147.

3. Братченко, С. Л. Психологические основания исследования толерантности в образовании / С. Л. Братченко // Педагогика развития: Ключевые компетентности и их становление : материалы 9-й науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2003. С. 104–117.

4. Якиманская, И. С. Личностная толерантность в условиях дополнительного образования [Электронный ресурс] / И. С. Якиманская. Электрон. дан. Режим доступа : http: // www.bank.orenipk.ru. Загл. с экрана.

M. B. Yepina

LOGIC-SENSE MODEL OF PEDAGOGICAL TOLERANCE

It is considered the structure of pedagogical tolerance as a teacher's professionally important quality. This structure is show as the logic-sense model, which opens the possibility for the deeper studying of the intensification of its forming processes mechanisms.

УДК 811’282.4.112.22

Н. А. Ермякина

СПОСОБЫ ОТРИЦАНИЯ В ГОВОРЕ РОССИЙСКИХ НЕМЦЕВ МАНСКОГО РАЙОНА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Рассмотрены основные направления в изучении отрицания в лингвистике, а также анализ способов отрицания в одном из островных западносредненемецких говоров, существующих на территории Манского района Красноярского края в сопоставлении с литературным немецким языком.

В силу своей сложности и многогранности отрицание относится к явлениям, сущность которых может быть выявлена на стыке нескольких наук, а именно: логики и лингвистики. Однако ни в той, ни в другой науке нет единого подхода к данной проблеме. Несмотря на множество точек зрения, следует признать, что отрицательные суждения существуют наряду с утвердительными и являются формой отражения действительности.

В лингвистике можно выделить два направления в изучении проблемы отрицания.

Представители первого направления считают, что отрицание выполняет только внутриязыковую функцию, а в реальности все явления имеют положительный характер. Этой точки зрения придерживаются такие лингвисты, как В. Г. Адмони, Е. Кржижкова, Г. М. Эйхбаум, Н. М. Орлова. Эти ученые отождествляют отрицание с модальностью, рассматривая отрицание как особую отрицательную модальность на том основании, что обе категории определяют характер субъектно-предикатных связей. По мнению исследователей противоположного направления, наше мышление имеет соответствие в реальной действительности. Этот взгляд на природу отрицания разделяют Н. А. Булах, Е. В. Падучева, Н. А. Торопова, В. М. Труб и др. Они считают, что утвердительные и отрицательные предложения отражают положительные и отрицательные связи объективной действительности, однако связи отрицаются не непосредственно, а через определенный член предложения, который отвергается как участник смысловых отношений [9].

Под термином «отрицание» в синтаксисе объединяется ряд явлений, выражающих при помощи различных языковых средств то, что связь между элементами высказывания мыслится как реально несуществующая или отсутствующая [6]. Эти явления охватывают собою как область конструирования предикативной основы простого предложения, так и его распространения. Отрицанию в названном выше смысле противостоит неотрицание, условно называемое утверждением.

Отрицание и утверждение – явления взаимосвязанные. По смыслу всякое отрицание есть утверждение противоположного. Так, отрицание наличия какого-либо лица, предмета, действия, признака есть утверждение его отсутствия.

Утверждение и отрицание в языке функционируют в тесной связи и служат для выражения таких противоположных значений, как действие – недействие, наличие – отсутствие, принадлежность – непринадлежность, возможность – невозможность и т. д. Любое явление, признак, характеристика в языке могут быть представлены как утверждаемые или отрицаемые.

Отрицание может иметь разный характер. В одном случае отрицается предикативный признак, а через него и вся та ситуация, о которой сообщается. Отрицание при сказуемом или главном члене, выражающем предикативный признак, придает отрицательное значение всему предложению. Такое отрицание называется общим, а предложение с таким отрицанием – общеотрицательным. Если отрицание относится не к ситуации в целом, а лишь к какой-то ее части, т. е. имеет частный характер, то такие предложения являются частноотрицательными. Такое отрицание не касается смысловой стороны предикации. Частное отрицание связано с актуальным членением предложения: член предложения с частным отрицанием, как правило, является ремой.

Данная концепция не является общепринятой и подвергается критике со стороны некоторых лингвистов. Так, В. Н. Бондаренко, выражая несогласие с традиционной концепцией деления отрицания на общее и частное, считает, что она противоречива и представляется необоснованной главным образом потому, что указанное деление произвольно заимствовано из логики и в то же время отличается от общепринятой в логике классификации суждений по качеству и количеству [2]. В целях более адекватного описания семантики отрицания предпринимаются попытки выделить другие типы отрицания. О. Бехагель выделяет три типа отрицания:

1. Отрицается только действие, выраженное глаголом. Средством отрицания является частица nicht, относящаяся к предикату.

2. Отрицается какой-либо неглагольный член предложения. Средством отрицания также является частица nicht, относящаяся к актанту или свободному распространителю.

3. Отрицается одновременно и действие, выраженное глаголом, и какой-либо неглагольный член предложения. Средством отрицания являются отрицательные местоимения и наречия.

Иную классификацию предлагает К. Адамчик. Он пытается найти различие между элементами, к которым относится отрицание. Именно по экспликации той части, которая в каждом отдельном случае отрицается, автор выделяет пять типов отрицания:

1. Предикативное отрицание. Отрицается то, что между актантами существует отношение R:

Neg.R (*x; y*) – *Er hat das Fahrrad nicht lackiert.*

2. Отрицание существования. Этот тип отрицания означает, что из множества актантов группы *x* не существует ни одного, который выполнил бы действие по отношению к множеству актантов группы *y*, т. е. действие вообще невозможно:

Niemand hat das Fahrrad lackiert.

3. Сильное частное отрицание. Отрицается один из актантов, но действие остается возможным, если место данного актанта займет другой:

Nicht er hat das Fahrrad lackiert.

Er hat nicht das Fahrrad lackiert.

К этому же типу относится отрицание предиката (действия R), если отрицание одного конкретного действия подразумевает наличие другого:

Er hat das Fahrrad nicht lackiert, sondern geputzt.

4. Слабое частное отрицание. Отрицается один из актантов, но при этом не установлено, существует ли в данной группе актант, который может заменить слово, подвергнутое отрицанию.

Er hat das Fahrrad (*jedenfalls*) *nicht lackiert.*

5. Отрицание с контрастом. Это подтип предикативного отрицания, при котором имеет место отрицание и противопоставление:

Er hat das Fahrrad nicht lackiert, aber sie hat es lackiert [11].

Данная классификация, на наш взгляд, наиболее адекватно отражает семантические функции отрицания.

Все вышеизложенное затрагивает теоретическую сторону вопроса. В практическом плане предметом обсуждения многих работ является местоположение частицы *nicht* в предложении. Обычно проблема возникает в том случае, если *nicht* находится в середине предложения. Наиболее адекватной и последовательной в этом отношении является работа Н. А. Тороповой, которая, сопоставляя данные работ Г. Хельбига и Н. Булах, а также применяя результаты своего анализа, приводит наиболее общие правила определения отрицательного слова.

Рассмотрим некоторые правила, используемые при определении отрицаемого слова:

1. *Nicht* стоит перед предикативом и к нему относится, отрицая через него все сказуемое: *Er ist nicht groЯ.*

2. Если сказуемое является устойчивым словосочетанием, то *nicht* примыкает к финитному глаголу: *Nein, Angst hat Adam nicht, jedenfalls wьrde er das Hahn nicht auf die Nase binden*.

3. Если в предложении имеется модальный глагол, то он, как правило, притягивает к себе частицу *nicht*:

Du willst mich wohl nicht frisch verbinden?

4. Не разъединяются интонационно стоящие рядом *nicht einen* (ein, eine) + Akk., *nicht der* (das, die) geringste.

5. Существует группа наречий, обладающая способностью притягивать к себе отрицание *nicht*: *alle, bald, ganz, gern, so, viel, weit:*

Er klopft nicht sofort zurьck [9].

Анализ семантических функций отрицания в предложении находит отражение в концепциях ведущих ученых (Шендельс, 1957, 1959; Булах, 1962; Helbig,1972, 1973; Jakobs, 1982; Adamħik, 1987; Dolling, 1988), а также в диссертационных исследованиях (Жукова, 1995; Агапова, 1999).

Практически во всех семантических концепциях отрицание трактуется как неразложимое понятие. Необходимо отметить, что толкование отрицательных частиц обычно не излагается. В лучшем случае приводятся определения, сводящие значения отрицания к значению «ложно», например, отрицание есть «средство превращения предложения S1 в предложение S2, такое, что S2 истинно тогда и только тогда, когда S1 ложно» [11]. В соответствии с этим, для представления смысла отрицательных предложений обычно используется особый семантический элемент (или оператор): «неверно» и т. п. [3].

Другая точка зрения отстаивается А. Вежбицкой, которая не считает отрицание первичным семантическим элементом. А. Вежбицкая трактует отрицание как специфический акт воли и отражает его единым неразложимым семантическим элементом, соединяющим в себе значение отрицания и воли («не хочу»): Джон не пришел = «не хочу, чтобы ты думал, что Джон пришел» [5].

Наиболее четкая постановка и решение этого вопроса наблюдается у лингвистов, которые относят отрицание к разряду логических и определяют значение отрицания именно как логической частицы.

Отрицание как логическая частица выполняет две функции – выделяет логический предикат (рему) высказывания и указывает на соотнесенность предиката со смежным понятием. Содержа-

ние отношений между соотносимыми понятиями и есть суть значения логической частицы.

Отрицание как логическая частица соотносит по смыслу два или несколько элементов.

В отличие от полнозначных слов, значение частиц и отрицания вне предложения не подвергается описанию. Без учета контекста, включающего противочлен частицы, невозможно адекватно описать значение отрицания.

Одной из проблем, волнующих лингвистов, является вопрос о различении отрицаний *nicht* и *kein*, так как в системе отрицания современного немецкого языка эти два основные грамматические средства отрицания нередко взаимозаменяют друг друга.

В лингвистической литературе этот вопрос находит отражение в концепциях ведущих ученых (Бергман, 1951; Гулыга, 1957; Шендельс, 1957; Булах, 1962; Куманичкина, 1968, 1982 и др.). Однако среди этих лингвистов нет единого мнения по представленной проблеме.

Так, Е. И. Шендельс, рассматривая вопрос о роли *nicht* и *kein* в предложении, пишет о том, что отрицание *kein*, в отличие от отрицания *nicht*, имеет обобщающее или классифицирующее значение, оно отрицает вообще наличие данного предмета. По мнению автора, *kein* при названии неисчисляемых предметов отрицает данное общее понятие: Es war kein Geheimnis. Если *kein* относится к названиям исчисляемых предметов, то оно имеет значение «ни одного», «никакого», т. е. обозначает отсутствие всех представителей данного класса: *Wir haben keine Mark* [8].

Эту точку зрения критикует Н. А. Булах, которая считает, что не может быть и речи об отсутствии предмета, перед названием которого стоит отрицание *kein*. Автор приводит пример *Keine Lampe brannte*, *es war ganz finster im Zimmer* и отмечает, что из этого в подобных предложениях не явствует, что лампа отсутствовала, а говорится, что лампа не горела, т. е. по мнению автора, через существительное отрицается сказуемое предложения [4].

Н. А. Булах считает, что отрицание *kein* при существительных прежде всего выражает общее отрицание (отсутствие связи между подлежащим и сказуемым), и всегда выражает отрицание сказуемого, остающегося лишь формально положительным [4].

Рассмотрев вопрос о роли отрицания в предложении, лингвисты попытались сформулировать правила о различии употребления отрицаний *nicht* и *kein*.

По мнению Е. И. Шендельс, *kein* употребляется в отрицательных предложениях параллельно неопределенному или нулевому артиклю в положительном предложении [8].

Точно также формулируется это правило в практической грамматике М. Г. Арсеньевой, Е. В. Гасилевич, хотя здесь не применяется термин «нулевой артикль»: «отрицательное местоимение *kein* можно употреблять только тогда, когда в соответствующей положительной форме данное существительное должно стоять в единственном числе с неопределенным артиклем или без артикля, а во множественном числе без артикля» [1].

Н. А. Булах, обобщая эти и другие работы по данной проблеме, делает вывод о том, что «отрицание *kein* привлекает к себе существительное с неопределенным или нулевым артиклем, являющееся в предложении дополнением в винительном падеже, компонентом глагольного словосочетания в винительном падеже, или составной частью именного сказуемого». Кроме того, дополняет автор, на выбор отрицания в ряде случаев влияет порядок слов и тип предложения. Так, дополнение в винительном падеже или именная часть сказуемого, выраженные существительным с неопределенным или нулевым артиклем, не привлекают к себе отрицания *kein*, если они стоят на первом месте в предложении. В этих случаях на конце предложения стоит отрицание *nicht*, которое употребляется также и в риторических вопросительных предложениях, а также в тех придаточных предложениях, в которых союз привлекает отрицание (*wenn nicht*, *ob nicht*, *damit nicht*), несмотря на то, что вслед за отрицанием *nicht* имеется имя существительное с неопределенным или нулевым артиклем [4].

В устной речи утверждение и отрицание не всегда характеризуются наличием или отсутствием показателей отрицания [12]. То же самое наблюдается и в речи носителей одного из западносредненемецких говоров, бытующих на территории Манского района Красноярского края. Положение о том, что предложение имеет утвердительный характер, если в него не введены те или иные показатели отрицания, в общем действительно и в отношении предложения устной речи носителей данного говора. Однако общность ситуации и высокая степень взаимной информированности в происходящих событиях позволяют носителям говора вложить в любое грамматически положительное предложение отрицательный смысл и наоборот:

(1) d?u vilst mər nicht a?z:rə i?d vo:*rhait*! «*Willst du nicht mir die ganze Wahrheit sagen*!»

Использование утвердительной формы для выражения того, что в действительности не имеет места, и отрицательной формы для того, что в действительности имеет место, является в говоре широко распространенным и очень эффективным грамматико-стилистическим средством.

Как и в современном немецком литературном языке, основными средствами отрицания в говоре являются частица net (ni3t) “nicht”, местоимение

kr: “kein” и ряд других отрицательных местоимений и наречий.

Основное назначение частицы net (niɜt) “nicht” – отрицание сказуемого; кроме того, она используется для отрицания всех выделяемых и противопоставляемых членов предложения, независимо от их лексико-грамматической связи:

(2) dəs vust iɜ gx: net (niɜt) «Das wusste ich gar nicht»;

(3) fon uns is də bu:t net vait «Der Laden ist nicht weit von uns»;

(4) do:rə kont iɜ net hĩ: «Dorthin konnte ich nicht».

Двойное отрицание с помощью отрицательной частицы net (niɜt) «*nicht*» в говоре встречается редко и может быть, скорее всего, отнесено к так называемым «оговоркам».

Стремления к усилению отрицательного смысла предложения в связи с категорическим отклонением необоснованного утверждения мы при таком двойном отрицании не замечали.

Абстрактные имена существительные в говоре, как правило, отрицаются с помощью отрицательного местоимения *kein*:

(5) hap kr: aŋkst for unzər hunt «*Habe keine Angst vor unserem Hund*»;

Отрицательное местоимение kr: *kein* употребляется также для отрицания имен существительных, применяемых в единственном числе с неопределенным артиклем и во множественном числе без артикля:

(6) du bist (љo:n) kr: khint «*Du bist schon kein Kind*»;

(7) dəs khint hot kr: ma:ma unt hot kr: bru:dər unt (nox) kr: љvestər «*Das Kind hat weder Mutter noch Geschwister*».

Как видно из последнего примера, в говоре отсутствует двойной союз *weder …noch*, используемый в литературном немецком языке для отрицания однородных членов предложения. В этих целях в говоре употребляются либо отрицательная частица net (niɜt) «nicht», либо местоимение kr: «kein», причем перед каждым из отрицаемых второстепенных членов:

(8) dən hu:m zə net gəfunnə net dər hr:m unt a:x net uf di arvait «*Man hat ihn weder zu Hause noch auf der Arbeit gefunden*»;

(9) də komt net hait, net morjə(n) unt a:x net i:vərmorjə(n) «*Er kommt weder heute noch morgen noch ьbermorgen*».

Это явление, на наш взгляд, представляет собой пример интерференции синтаксической конструкции контактирующего русского языка, где, как известно, одновременное использование нескольких показателей отрицания – полинегативность – является нормой.

Наиболее характерным случаем при использовании „kr:“ в говоре все же является сочетание в одном и том же предложении отрицательного местоимения с отрицательной частицей net (niɜt) *nicht* – явления полинегативности:

(10) iɜ kont net kr: lotkə fa:rən „Ich konnte das Boot nicht fahren“;

(11) for aŋkst kont zə net za:rə kr: ain(ə) vort „Vor Angst konnte sie kein einziges Wort sagen“;

(12) is kr: frait net «Es gibt keine Freude».

Кроме отрицательной частицы net (niɜt) *nicht* и отрицательного местоимения kr: *kein* в говоре в качестве показателя отрицания используются и другие средства, а именно:

1) субстантивированное местоимение kr: (kr: nər) в значении местоимений *keiner* и *niemand* литературного языка; оно нередко выступает в сочетании с отрицательной частицей net (niɜt);

(13) iɜ hu:m gx: kr:n (gə)kent in də љtat «Ich habe niemanden in dieser Stadt gekannt»;

(14) dəsmal volt uns (gx:) kr: net helvə «Damals wollte uns keiner helfen»;

(15) uns hot kr:(nər) (net) bəlaidiɜt «Niemand hat uns beleidigt»;

2) субстантивное местоимение *niks* в значении местоимения *nichts* литературного языка; оно в данном говоре выступает самостоятельно в качестве показателя отрицательности предложения, нередко сочетается с отрицательной частицей net (niɜt) «nicht»;

(16) kr: mər dox niks ma:rə «*Da ist eben nichts zu machen*»;

(17) varu:m i:r alə tsvai vist gx: (ga:r) niks «*Warum wisst ihr beide gar nichts*?»;

(18) main bru:dər is (hi)naingəhupst in va:zər unt hot gx: net gədeŋkt an niks «*Mein Bruder ist ins Wasser gesprungen, ohne sich zu besinnen*»;

3) отрицательное наречие net r:mal в значении наречий *nie* и *niemals* литературного языка;

(19) mər va:rn nox net r:mal in germa:niə «*Wir waren niemals (noch nie) in Deutschland*».

Из сказанного следует, что в рассматриваемом говоре довольно четко выступают две тенденции в построении отрицательного предложения: тенденция к мононегативности при отрицательной частице net (niɜt) *nicht* и тенденция к полинегативности при местоименных и наречных показателях отрицательности, а также при отрицании однородных членов предложения. Эта основная тенденция характерна для многих немецких говоров [13], в том числе и на территории Германии, хотя в некоторых из них за последнее время, вероятно под влиянием литературного языка, прослеживается тенденция к полному устранению полинегативности.

Как и в других немецких говорах, полинегативность в описываемом говоре не служит для

выражения эмфазы отрицания [4]. Ни в одном из записанных нами примеров с несколькими показателями отрицательности не ощущается какого-либо стремления усилить отрицательный смысл предложения. По мнению Х. Вайса, двойное отрицание в говоре выполняет уточняющую функцию [13]. По нашим наблюдениям, для усиления отрицательного смысла предложения в говоре используются лексические средства (частица gx: *gar*), интонация и порядок слов. При соответствующих интонации и порядке слов отрицательный смысл предложения может быть подчеркнут как при одном, так и при нескольких показателях отрицательности:

(20) karto:uvəl hu:m mər kainə «*Kartoffel haben wir keine*».

Вопрос о том, почему в рассматриваемом нами говоре так широко употребляется полинегативность, однозначно решить достаточно сложно. Очевидно, полинегативные предложения являются пережитками старой (средневерхненемецкой) системы, которые могли получить в говоре, развивающемся в условиях иноязычного окружения, спонтанное развитие в сторону закрепления в качестве нормы. С другой стороны, очевидно известное влияние русского языка, в котором полинегативность является нормой.

Библиографический список

1. Арсеньева, М. Г. Грамматика немецкого языка / М. Г. Арсеньева, Е. В. Гасилевич. М., 1966. С. 115.

2. Бондаренко, В. Н. Отрицание как логико-грамматическая категория / В. Н. Бондаренко. М., 1983. 211 с.

3. Богуславский, И. М. Исследования по синтаксической семантике: сферы действия логических слов / И. М. Богуславский. М., 1985. С. 23–25.

4. Булах, Н. А. Средства отрицания в немецком языке / Н. А. Буллах. Ярославль, 1962. 317 с.

5. Вежбицкая, А. Семантические примитивы / А. Вежбицкая // Семиотика. М., 1983.

6. Падучева, Е. В. Отрицание / Е. В. Падучева // Лингвистический энциклопедический словарь. М., 1990. С. 354.

7. Торопова, Н. А. Семантика и функции логических частиц / Н. А. Торопова. Саратов, 1980. 173 с.

8. Шендельс, Е. И. Система средств выражения отрицания в современном немецком языке / Е. И. Шендельс // ИЯШ. М. 1957. № 3. С. 11–13.

9. Якимова, Е. А. Отрицание *nicht*/*kein* с прилагательными в современном немецком языке: логика, семантика, прагматика : дис. … канд. филол. наук / Е. А. Якимова. Иваново, 2003.

10. Adamħik, K. Probleme der Negation im Deutschen. Studien zur zeitgenossischen Grammatikgeographie / K. Adamħik. Mьnster, 1987.

11. Dahl, Ц. Negation in universal grammar / Ц. Dahl. Gothenburg, 1978. P. 2.

12. Riesel, E. Stilistik der deutschen Sprache / E. Riesel. M., 1959. S. 164.

13. WeiЯ, H. Syntax des Bairischen: Studien zur Grammatik einer natьrlichen Sprache / H. WeiЯ. Tьbingen : Niemeyer, 1998.

N. A. Ermyakina

NEGATION IN MANNER OF SPEECH OF RUSSIAN GERMANS IN MANSKY DISTRICT (KRASNOYARSK REGION)

It is considered the basic directions of negation language models research, and it is also given the analysis of negating models of one of the west middle-German manners of speech, which exists on territory of Mansky district of Krasnoyarsk region, in comparison with literature German language.

УДК 621.771:621.777

Н. Н. Загиров, А. С. Юриков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРУТКОВ И ПРОВОЛОКИ НЕБОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ

Приведены результаты исследований технологии производства прутков и проволоки небольшого сечения из сыпучих отходов, образующихся при резке алюминиевых профилей на мерные длины. Показано, что тщательный сбор таких отходов и применение комбинированных методов обработки дают возможность получать полуфабрикаты и изделия с требуемым уровнем механических характеристик, минуя достаточно энергоемкую стадию переплава отходов.

В условиях все возрастающих цен на мировом и внутреннем рынке на алюминий и алюминиевые сплавы по-прежнему актуальной задачей является вовлечение в производственный оборот вторичного алюминия. Как известно, традиционным способом переработки вторичных металлов и металлосодержащих отходов является их переплав [1]. Однако, по нашему мнению, плавильный передел и связанные с ним заготовительно-транспортные операции, являясь проверенным средством утилизации кускового лома и отходов, не обеспечивают необходимую эффективность переработки стружковых отходов. Это обусловлено влиянием ряда факторов, среди которых можно отметить повышенный угар металла, снижение производительности металлургических агрегатов, потери металла за счет коррозии, отсутствие технологии и оборудования для предварительной подготовки стружковых отходов и др. Все это побудило обратить более пристальное внимание на термодеформационный способ переработки стружки, исключающий стадию переплава. Его основу составляет метод совмещенной прокатки-прессования (СПП), адаптированный для деформирования сыпучих материалов [2].

Применение метода СПП в соответствии с [3] позволяет осуществить процесс компактирования и дальнейшей обработки сформировавшейся заготовки в одном узле путем ее экструдирования через калибрующий канал матрицы за счет сил трения, передаваемых металлу валками. Процессы брикетирования и СПП могут быть разделены, тогда обработка уже сформированной заготовки может осуществляться в соответствии с [4].

Устройство для непрерывного прессования металла состоит из пары валков, на одном из которых выполнена рабочая канавка (ручей), расположенная по всему периметру (окружности). Форма рабочей канавки в большинстве случаев является прямоугольной, частично перекрываемой выступающей частью другого валка, за счет чего образуется закрытый калибр (полость) для подачи прутковой заготовки. Замкнутость пространства обеспечивается установкой на незначительном удалении от плоскости, проходящей через оси валков, матричного узла с вмонтированной матрицей, рабочее отверстие которой соответствует сечению получаемого пресс-изделия. Если ввести прутковую заготовку в рабочую полость, образованную вращающимися валками, которые выполняют роль мини-контейнера, то металл заготовки под действием активных сил контактного трения перемещается по калибру, образуя зону осадки перед матрицей. Выдавливание (экструзия) через матрицу начнется и будет происходить тогда, когда совокупность температурно-скоростных и напряженно-деформационных условий обеспечит минимум затрат энергии для осуществления данного процесса. В первую очередь это связано с необходимостью регулирования и достижения определенной температуры металла в зонах, находящихся непосредственно перед матрицей или за ней. Эти условия при СПП формируются за счет соотношения температур нагрева прутковой заготовки перед ее подачей в валки и температурой на поверхности самих валков (как правило предварительно нагретых).

Приведем результаты экспериментальных исследований процесса получения прутков и проволоки из стружки алюминиевого сплава АД31, образующейся при резке пресс-изделий на мерные длины на одном из металлургических предприятий.

Разработанный технологический процесс состоит из следующих основных операций: брикетирования стружки в заготовки с необходимым размером поперечного сечения; получения прессованных прутков определенного диаметра методом совмещенной прокатки-прессования; термообработки; волочения проволоки на цепном стане до заданного диаметра.

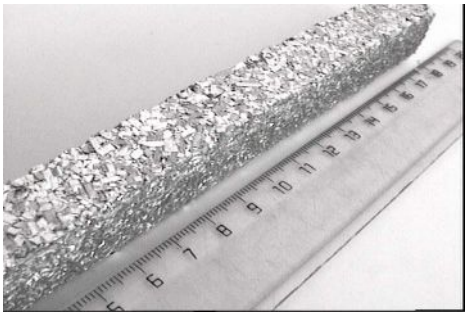
Брикетирование стружки производилось в пресс-форме, включающей верхний и нижний пуансоны, разъемную матрицу и обойму с наклонными контактирующими поверхностями. Матрица с удлиненными составляющими выполнена с выступами, на которые устанавливается нижний пуансон. Угол наклона к вертикали образующей контактных поверхностей матрицы составлял 20°. Пресс-форма была использована в лабораторных условиях для изготовления из стружки сплава АД31 брикетов под последующую совмещенную прокатку-прессование (рис. 1). Давление брикетирования составило 100 МПа, размеры брикета – 15Ч20Ч200 мм, относительная плотность – 80 % (рис. 1, *а*). Далее полученные брикеты нагревали в печи до температуры порядка

400 єС, выдерживали при этой температуре в течение 30 мин, после чего задавали в валки установки СПП-200, в одном случае холодные, в другом – предварительно подогретые до 100…150 єС. Выдавливание металла осуществлялось через матрицу с калибрующим отверстием диаметром 7 мм, при этом процесс истечения металла прерывался незадолго до его завершения, что позволяло извлекать из валков недокаты (рис. 1, *б*).

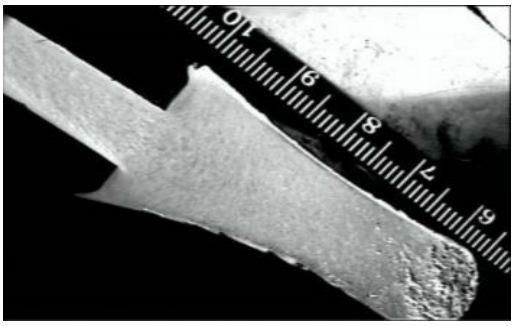
Выбор размера получаемого пресс-изделия обусловлен тем, что для обеспечения удовлетворительного качества прутков необходимо вести прессование с высокими степенями деформации, в большинстве случаев превышающими 90 %. При прессовании с меньшими степенями деформации полного схватывания между частицами стружки не происходит.

В ходе экспериментов было установлено, что решающим фактором, оказывающим существенное влияние на схватывание частиц стружки при выдавливании, наряду со степенью деформации, является температура обработки. Низкая температура прессования, обусловленная недостаточным прогревом валков, не обеспечивает получения качественного прутка. При испытании на разрыв образцы, изготовленные из этих прутков, разрушались по границам стружки практически без удлинения. Об этом свидетельствуют и результаты металлографических исследований, подтверждающих, что частицы стружки находятся лишь в плотном контакте и никакого взаимодействия между ними не происходит (рис. 2).

На микроструктуре прутков, полученных при температуре нагрева валков около 150 єС, уже видны участки взаимодействия отдельных частиц стружки в виде сплошных зон, вытянутых по направлению деформации (рис. 3). При этом объем этих зон значителен, а границы между частицами стружки менее выражены.

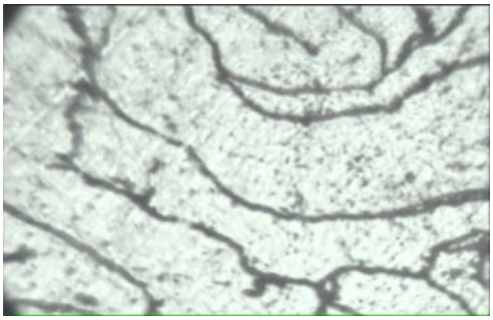


а

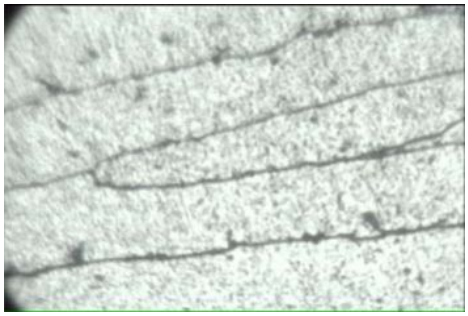


б

Рис. 1. Форма заготовки после брикетирования (*а*) и недоката (*б*) после прокатки-прессования

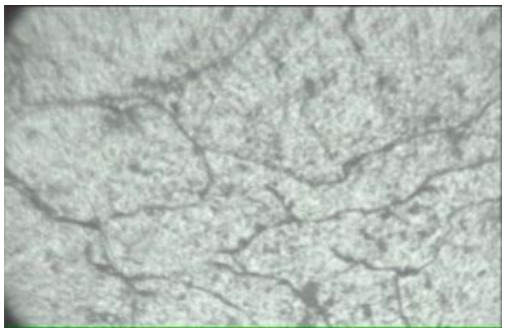


а

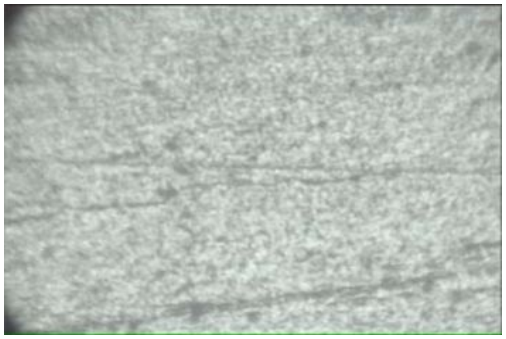


б

Рис. 2. Микроструктура прутков (Ч500) в поперечном (*а*) и продольном (*б*) сечениях, полученных при температуре валков 20 єС



а



б

Рис. 3. Микроструктура прутков (Ч500) в поперечном (*а*) и продольном (*б*) сечениях, полученных при температуре валков 150 ^{0}С

Повышение качества схватывания частиц стружки с увеличением температуры обработки подтверждено и результатами механических испытаний образцов, вырезанных из пресс-изделий. Предел прочности при растяжении составил 170…180 МПа, относительное удлинение – 13…15 %, относительное сужение в месте образования шейки – 35…40 %, что соответствует уровню свойств горячепрессованных прутков из сплава АД31 по ГОСТ 21488–97.

Анализ характера разрушения образцов при растяжении лишний раз подтвердил, что качественное схватывание происходит лишь при степенях деформации 90 % и более, а также при соответствующей температуре обработки. У прутков, спрессованных при пониженных температурах, качественное схватывание наблюдалось лишь на кольцевых участках в приповерхностных слоях образцов. Разрушение этих колец происходило подобно цельному металлу. В осевой же части имелись поры и расслоения.

В прутках, полученных при повышенных температурах, указанных выше дефектов не обнаружено, а образцы, изготовленные из них, по всему сечению разрушались подобно компактному материалу.

Далее полученные прутки подвергались отжигу в камерной печи при температуре 300 єС в течение 1 ч.

Заключительным технологическим этапом являлось волочение, которое проводилось на цепном волочильном стане усилием 50 кН без применения промежуточной термообработки. В результате была получена проволока минимального диаметра 2 мм. Волочение происходило стабильно, без обрывов, со средним относительным обжатием 15…20 %

Анализ микроструктуры проволоки показал, что при холодной деформации заготовки происходит уменьшение границ между сплошными зонами и еще более сильное вытягивание их вдоль оси деформации. При этом с увеличением степени деформации до 70 % наблюдается повышение прочности свойств в среднем на 15…20 %.

Таким образом, по результатам исследований предложена технологическая схема получения пресс-изделий и проволоки непосредственно из алюминиевой стружки, применение которой может существенно сократить безвозвратные потери металла. При этом следует четко представлять, что положительный эффект от использования такого рода материалов для получения пресс-изделий и проволоки зависит от степени чистоты исходного сырья, а наличие тонкой окисной пленки на поверхности частиц стружки может отрицательно сказываться на качестве получаемой продукции.

Библиографический список

1. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии / под ред. И. К. Андриевского. Киев : Изд-во АН УССР, 1963. 420 с.

2. Сидельников, С. Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов : моногр. / С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Н. Н. Загиров. М. : МАКС-Пресс, 2005. 344 с.

3. А. с. № 1692739 СССР. Устройство для получения проволоки и профилей / С. Б. Сидельников, В. Н. Корнилов, Н. Н. Довженко и др. Опубл. 1991. Бюл. № 43.

4. Пат. 1785459 Устройство для непрерывного прессования металла / Н. Н. Довженко, С. Б. Сидельников, Н. Н. Загиров. Опубл. 1992. Бюл. № 48.

N. N. Zagirov, A. S. Yurikov

THE USAGE OF GRANULAR WASTES OF ALUMINIUM ALLOYS FOR PRODUCING OF SMALL SECTION RODS AND WIRES

It is given the results of explorations of the technologies of small section rods and wires production from granular wastes, which are formed by cutting of aluminium profiles to measure lengths. It is shown that accurate gathering of such kind of wastes and application of combine treatment methods give the possibility for getting semi-manufacture items and products with the necessary level of mechanical characteristics without power-intensive stage of waste refining.

УДК 338

В. В. Зырянов

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫМ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Рассмотрены перспективы развития энергетики Красноярского края, вопросы потребления и выработки электроэнергии и теплоэнергии. Проанализированы проблемы и подходы к разработке топливно-энергетического баланса региона как основного инструмента формирования региональной социально-экономической политики на средне- и долгосрочную перспективу.

Одной из целей управления региональным топливно-энергетическим комплексом (ТЭК) является поддержание желаемого уровня энергоэффективности и энергобезопасности региона. Для этого региональные органы власти в рамках своей компетенции решают большой круг задач к которым относятся следующие:

– осуществление на территории региона государственной политики в сфере энергообеспечения, направленной на повышение эффективности региона;

– достижение баланса экономических интересов поставщиков и потребителей топлива и энергии;

– регулирование тарифов на электрическую и тепловую энергию для региональных потребителей в соответствии с действующим федеральным и региональным законодательством;

– поддержка инвестиций в модернизацию и развитие ТЭК;

– контроль за экологической безопасностью существующих и сооружаемых объектов ТЭК;

– создание экономических стимулов для использования энергосберегающих и экологически чистых технологий в процессе производства и потребления энергетических ресурсов.

Для выполнения этих задач администрации субъекта федерации, в данном случае – Красноярского края, необходимо осуществить следующие мероприятия:

– проводить мониторинг процессов обеспечения и потребления топлива и энергии в регионе и характеристик их эффективности;

– разрабатывать энергетическую стратегию региона, включая региональные методы управления;

– создавать и поддерживать законодательную базу регионального уровня с учетом специфики своего региона и текущего состояния его ТЭК и экономики;

– осуществлять корректирующие оперативные воздействия.

Ни одно из направлений этой деятельности не может эффективно осуществляться без информационной поддержки, главенствующую роль в которой играет топливно-энергетический баланс (ТЭБ) региона. Он содержит представительную и системную информацию о перетоках всех видов энергетических ресурсов и энергии между стадиями добычи, преобразования, транспорта, распределения, хранения и конечного использования.

Несмотря на то что роль ТЭБ осознается администрациями субъектов федерации, его разработка на региональном уровне в настоящее время является большой проблемой, несмотря на солидный опыт, накопленный нашей страной в этой области. Исследования по разработке ТЭБ начались в СССР еще в 1930-е гг., что диктовалось требованиями плановой экономки. Кроме того, для этого имелись благоприятные условия, поскольку ТЭБ страны и ее регионов составлялись органами государственной статистики и планирования 1 раз в 5 лет по всем видам энергетических ресурсов.

В последующие годы подготавливались лишь суженные ежегодные балансы в целом по России, а по отдельным регионам разрабатывались расчетные энергетические балансы, которые отличались от отчетных неполнота учетом энергоресурсов и круга предприятий и организаций, сочетанием отчетных данных и экспертных оценок. В основном это было связано с появившимся многообразием форм собственности, непрозрачностью финансово-экономического положения поставщиков и потребителей топлива и энергии, недостаточной проработанностью правовых основ статистической ответственности структур, обеспечивающих производство и поставку энергетических ресурсов конечным потребителям. Отсутствует информационная инфраструктура в органах регионального управления. В научном плане проблемы мониторинга, прогнозирования и планирования ТЭБ региона в условиях переходной экономики изучены недостаточно. Все это привело к большим информационным и методическим трудностям построения ТЭБ в современных условиях.

Программой социально-экономического развития Красноярского края до 2010 г. предусмотрен рост валового регионального продукта к 2010 г. на 75…77 %, промышленного производства – на 42…44 %, продукции сельского хозяйства – на 38…42 %, розничного товарооборота и платных услуг населению – на 103…106 %.

Рост экономики края будет способствовать увеличению потребности в электроэнергии. Но темпы роста электропотребления в крае будут отставать от темпов роста экономики благодаря энергосбережению и структурной перестройке экономики, которая подразумевает увеличение в структуре производства доли менее энергоемких отраслей. Так, к 2010 г. в Красноярском крае начнется масштабное развитие нефтедобывающей промышленности, энергоемкость которой значительно ниже энергоемкости цветной металлургии. В результате при росте валового регионального продукта (ВРП) на 75–77 %, росте промышленного производства на 42–44 % электропотребление в Красноярском крае увеличится к 2010 г. на 23 % и составит порядка 60 млрд кВт·ч (рис. 1).

Прогноз потребности внешнего рынка в электроэнергии основан на среднегодовом росте спроса на электроэнергию в соседних энергосистемах (Новосибирской, Омской, Томской областей) на 2…2,5 %, где нет таких мощных энергоисточников, как в Красноярском крае. Кроме того, к 2009 г. ОАО «Русский алюминий» планирует завершение строительства нового алюминиевого завода в западной части Иркутской области между Тайшетом и Талой. При предполагаемой мощности завода 600 тыс. т алюминия и 350 тыс. т обожженных анодов в год его годовое потреблении электроэнергии составит порядка 8 млрд кВт·ч. В результате потребность в электроэнергии внешнего по отношению к Красноярской энергосистеме (включая Норильскую) рынка к 2010 г. может составить порядка 10 млрд кВт·ч, а общая потребность в выработке электроэнергии порядка 70 млрд кВт·ч.

Спрос на теплоэнергию в Красноярском крае будет определяться предусмотренными Программой социально-экономического развития на период до 2010 г. темпами роста экономики и динамикой численности населения. В результате при росте ВРП на 75…77 %, росте промышленного производства на 42…44 % и снижении численности населения на 3 % потребление теплоэнергии в Красноярском крае к 2010 г. увеличится на 19 % и составит порядка 62 млн Гкал (рис. 2).

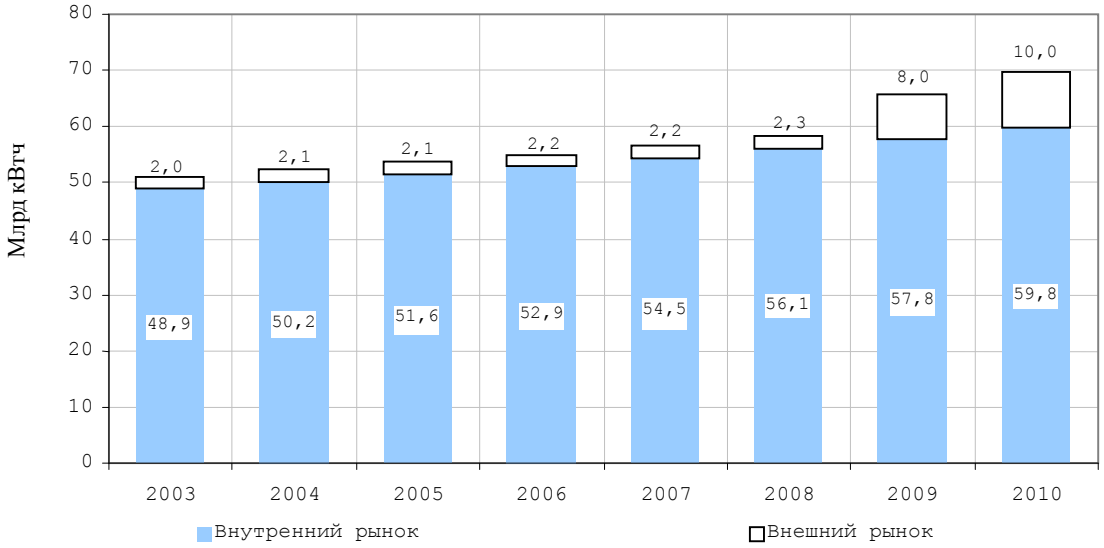


Рис. 1. Прогноз потребности внутреннего и внешнего рынков в электроэнергии

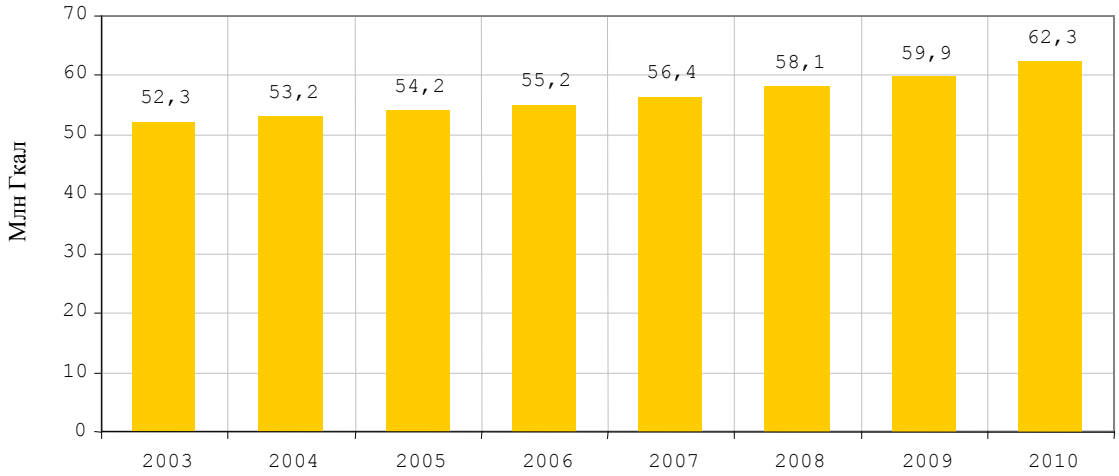


Рис. 2. Прогноз потребности внутреннего рынка Красноярского края в теплоэнергии

Прогноз выработки электроэнергии в Красноярском крае основан на прогнозируемой потребности в электроэнергии внутреннего и внешнего рынков, а также производственных возможностях отрасли. Этот прогноз составлен на основании данных предприятий электроэнергетики Красноярского края (ОАО «Красноярскэнерго», ОАО «Березовская ГРЭС-1», ОАО «Красноярская ГРЭС-2») с учетом следующих факторов:

– завершения к концу 2008 г. строительства Красноярской ТЭЦ-3 с выработкой к 2010 г. 1,1 млрд кВт·ч;

– завершения к 2008 г строительства Сосновоборской ТЭЦ мощностью 117 МВт для замещения мощностей атомного реактора в г. Железногорске в соответствии с российско-американским соглашением;

– максимальной загрузки существующих энергоблоков на ОАО «Березовская ГРЭС-1» с 2006 г. и вводом в работу к 2008 г. энергоблока № 3;

– ввода в эксплуатацию в 2010 г. пускового комплекса Богучанской ГЭС мощностью 540 Мвт.

Таким образом, выработка электроэнергии в Красноярском крае к 2010 г. может составить порядка 68 млрд кВт·ч (рис. 3).

Прогноз отпуска теплоэнергии в Красноярском крае основан на прогнозируемой потребности внутреннего рынка, а также производственных возможностях электростанций и котельных.

Данный прогноз составлен на основании данных предприятий электроэнергетики Красноярского края (ОАО «Красноярскэнерго», ОАО «Березовская ГРЭС-1», ОАО «Красноярская ГРЭС-2») с учетом следующих факторов:

– завершения строительства Красноярской ТЭЦ-3 к концу 2008 г. и выработкой к 2010 г. 2,7 млн Гкал.

– завершение строительства к 2008 г. Сосновоборской ТЭЦ (478 Гкал/ч).

Отпуск тепловой энергии в Красноярском крае к 2010 г. может составить порядка 62 млн Гкал (рис. 4).

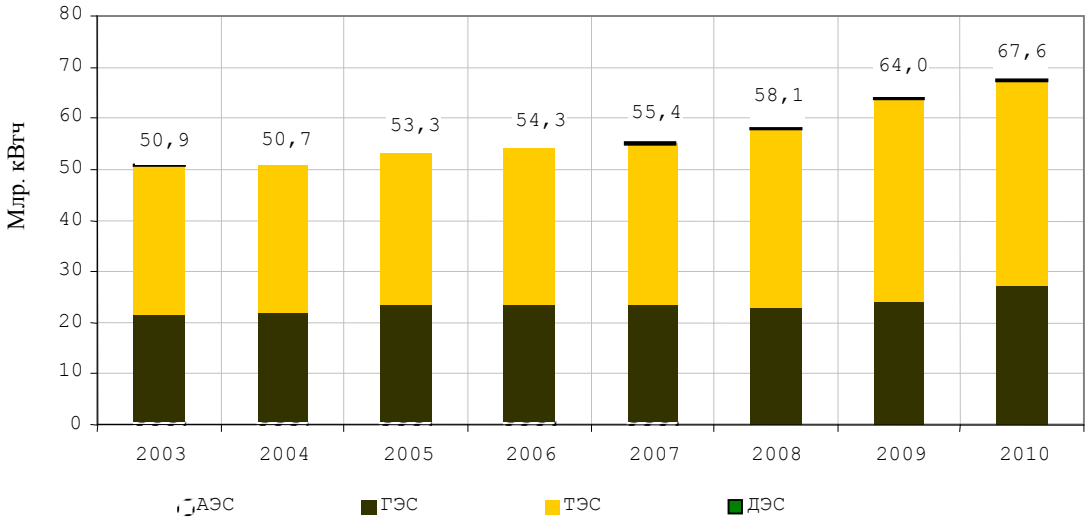


Рис. 3. Прогноз выработки электроэнергии в Красноярском крае

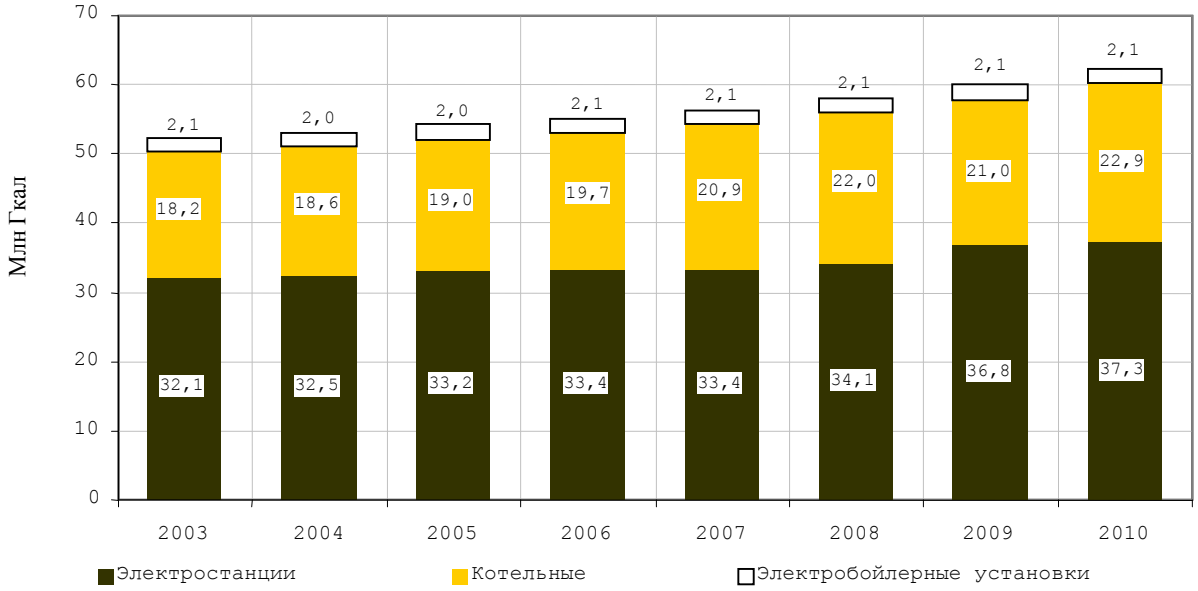


Рис. 4. Прогноз отпуска теплоэнергии в Красноярском крае

Топливно-энергетический баланс – это система показателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль, регион, предприятие, цех, процесс, установка) за выбранный интервал времени.

Этот термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве, включая изменение запасов ТЭР.

Топливно-энергетический баланс может составляться по следующим признакам:

– по отдельным видам ТЭР (ресурсные балансы);

– стадиям энергетического потока (добыча, переработка, преобразование, транспортирование, хранение, использование) ТЭР;

– как единый (сводный) топливно-энергетический баланс с учетом перетоков всех видов энергии между стадиями и в целом по народному хозяйству;

– по энергетическим объектам (электростанции, котельные), отдельным предприятиям, цехам, участкам, энергоустановкам, агрегатам;

– назначению (силовые процессы, тепловые, электрохимические, освещение и т. д.);

– уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);

– в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства.

На основании топливно-энергетического баланса принимается заключение – о достаточности или недостаточности топливно-энергетических ресурсов; возможности создания новых производств на той же топливно-энергетической базе; возможности вывоза топливно-энергетических ресурсов или необходимости их ввоза.

Топливно-энергетический баланс как основа перспективного прогнозирования спроса и предложения энергоресурсов с учетом оценки тенденций развития ТЭК становится основным инструментом формирования региональной социально-экономической политики на средне- и долгосрочную перспективу. Топливно-энергетический баланс региона связывает воедино балансы природных ресурсов, инвестиционные планы компаний и государства, балансы производства и потребления, импорта–экспорта.

Многообразие связей энергетического сектора с другими секторами регионального хозяйства приводит к тому, что в ТЭБ региона, как в фокусе, отображаются все проблемы регионального развития, поэтому ТЭБ необходим и в кчестве информационной базы для их анализа.

Построение стоимостных ТЭБ возможно только на базе материальных балансов и является по сравнению с ними еще более серьезной информационной и методической проблемой. Однако стоимостной ТЭБ может стать важным условием успешности регулирования процессов ценообразования на региональном рынке топливно-энергетических ресурсов, проведения его маркетинговых исследований, оптимизации территориально-производственной структуры ТЭК региона, финансового анализа текущих экономических процессов и взаимодействия с бюджетной сферой и др.

В текущих условиях нестабильности и бурного развития институциональной среды, в которую погружена региональная экономика, наличие стоимостного ТЭБ позволит провести актуальные исследования влияния изменения организационных структур ТЭК и других образований, участвующих в региональных энерго-экономических взаимодействиях, на соответствующие финансовые и материальные потоки, и на отдельные составляющие бюджетов различных уровней.

V. V. Zyryanov

SUPPLY–DEMAND BALANCE IN THE REGIONAL SUPPLY–DEMAND COMPLEX MANAGEMENT SYSTEM

The region power engineering development outlooks, problems of energy intake and generation are considered. The problems and approaches to the regional supply–demand balance development as the main instrument to form regional socio-economic policy are analyzed.

УДК 657.072

М. З. Ибрагимов

ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ УСЛУГ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РЫНКА

Рассмотрены методы статистического анализа результатов работы городского пассажирского транспорта как составляющие механизма планирования предприятием объема предоставляемых услуг. Отражается возможность интеграции в существующую систему управления предприятием с типовой организационной структурой дополнительных функций в области планирования.

Об услугах городского общественного транспорта как о рынке перевозок стали говорить с появлением на улицах городов частного пассажирского транспорта. В новых экономических условиях перевозки стали приносить прибыль. Однако деятельность многих предприятий, находящихся в государственной собственности, как и в период плановой экономики, продолжает оставаться убыточной.

Есть целый ряд внешних факторов, действие которых не позволяет пассажирским транспортным предприятиям выйти на уровень самоокупаемости. В то же время нельзя сказать, что внутренние резервы для повышения эффективности полностью исчерпаны.

Одна из причин возникновения убытков в сфере услуг в целом и пассажирских перевозок в частности состоит в следующем: услуги, в отличие от товаров, производятся и потребляются в одной точке в конкретный отрезок времени. И если полностью предложенный объем услуг оказался невостребованным, то не реализованная его часть «умирает» [1]. Затраты на производство не востребованных услуг никогда не восполняются, так как услуга не может храниться и ожидать другого потребителя. Наличие свободных мест (более чем требуется для комфорта пассажиров) в салоне транспортных средств, следующих по маршруту, как раз является невостребованным предложением, и наоборот, переполненные салоны – следствие недостатка предложения в конкретный момент времени.

Отсюда в сфере обслуживания можно определить следующий принцип эффективности – в момент взаимодействия с потребителями следует предлагать только такой объем услуг, который может быть полностью реализован.

Следование обозначенному принципу и является внутренним резервом пассажирских транспортных предприятий. В этой связи значимую роль в управлении предприятием играет планирование объемов предоставляемых услуг во времени и пространстве, адекватное спросу. Под планированием перевозок следует понимать не только составление расписания движения транспорта и графика работы персонала. Это целый механизм и комплекс решений.

Во-первых, следует определить, какие первичные данные по спросу и предложению услуг представляют интерес, и каким образом их можно собрать. Во-вторых, выбор показателей, которые четко и лаконично описывали бы результат и процесс обслуживания, а также выбор методики их расчета на основе собранных первичных данных должны быть обоснованны. В-третьих, необходимо иметь различные сценарии действий в случае изменений на рынке, о которых, в свою очередь, сигнализируют расчетные показатели и первичные данные.

В сложившейся практике доступными первичными данными о спросе на транспортные услуги являются данные о количестве поездок, совершенных пассажирами за один рейс транспортного средства, пройденный по маршруту. Эти данные фиксируются кондуктором в билетно-учетных листках, поэтому для их сбора не требуется специальных трудоемких и дорогостоящих обследований пассажиропотока.

Чтобы объем предоставленных услуг также измерять в количестве поездок, его следует определить как произведение вместимости транспортного средства и количества остановочных пунктов на маршруте. По сути это максимально возможное предложение транспортных услуг за один рейс. Но можно использовать его значение, скорректированное на коэффициент сменности, предполагая, что на каждой остановке происходит не полная смена пассажиров, а какой-то части, заранее установленной в виде норматива.

Сравнивая объемы предоставленных и потребленных услуг за интервал работы (день, неделю, месяц и т. д.), а также по маршрутам и направлениям, уже можно сделать некоторые выводы об эффективности работы транспорта. В качестве математической конструкции показателя сравнения лучше выбрать безразмерное отношение, где в знаменатель поставить объем предоставляемых услуг, а в числитель – объем потребляемых услуг. Потому не исключено, что предложение окажется полностью невостребованным, и тогда нулю будет равен числитель. Таким образом, значение показателя будет лежать в диапазоне от 0 до 1. Чем выше показатель, тем выше эффективность.

Примечание: показатель сравнения отличается от статического и динамического коэффициентов использования вместимости, где в первом случае значение определяется в момент измерения, а во втором – учитывается длина поездки пассажиров [2].

Значение показателя сравнения следует воспринимать с некоторой долей осторожности.

В определенной ситуации он «конфликтует» с уровнем использования основных фондов (фондоотдачей). Например, на линию может выйти только часть парка и демонстрировать высокую эффективность работы, а другая часть транспортных средств в это время будет простаивать.

Использование первичных данных не ограничивается сравнением объемов предоставленных и потребленных услуг. Наоборот, сравнение – это заключительная оценка деятельности по планированию предложения услуг. Первичные же данные – это материал для инструментов анализа, результаты которого являются рекомендательной основой производственного плана.

Поскольку на поведение пассажиров оказывает влияние большое число факторов, то объем потребленных услуг или количество совершенных поездок предлагается рассматривать как случайную величину, а при анализе ее поведения использовать вероятностно-статистический (или математико-статистический) подход.

Исходные статистические данные значений, которые принимает случайная величина в ходе целого ряда наблюдений (совершаемых по маршруту рейсов), можно представить в наиболее распространенной матричной форме «объект-свойство»:

$$\begin{pmatrix} x_1^1(k) & x_1^2(k) & \dots & x_1^m(k) \\ x_2^1(k) & x_2^2(k) & \dots & x_2^m(k) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^1(k) & x_n^2(k) & \dots & x_n^m(k) \end{pmatrix},$$

где $x^j_i(k)$ – количество поездок, совершенных по k-му маршруту за j-й рейс в i-й день работы предприятия. Эти данные образуют некоторую выборку из $i = 1, 2, \dots, n$ наблюдений (дней) за $j = 1, 2, \dots, m$ рейсами.

Отдельные «вектор-столбец» и «вектор-строка» матрицы, а также разного рода итоговые значения по строкам и столбцам могут быть представлены в виде вариационного и временного рядов, для анализа которых используется свой инструментарий.

Из всего арсенала методов анализа, которыми располагает математическая статистика, в большей мере потребуется расчет различных показателей описательной статистики и проверка статистических гипотез.

Главная цель всей аналитической работы – получить ответ на два вопроса: каким должен быть общий объем ежедневного предложения транспортных услуг на маршруте и как общий объем предложения должен распределяться в течение дня?

Для ответа на первый вопрос обратимся к суммарным значениям по строкам матрицы первичных данных. Реальная статистика говорит о том, что ежедневно по маршруту совершается различное количество поездок. Означает ли это, что предложение услуг изо дня в день тоже должно меняться или оно должно оставаться постоянным? Все зависит от характеристики колебаний пассажиропотока.

Анализ значений числового ряда следует начать с расчета мер центральных значений и мер разброса. Они хороши тем, что уменьшают весь ряд до одного понятного числа. Первую характеристику колебаниям дает сравнение среднеарифметического значения и медианы. Если эти две меры значительно отличаются, то в числовом ряду присутствуют «выбросы» – одно или несколько очень больших или очень маленьких значений относительно большинства других. На практике это означает, что в какой-то день наблюдался аномально высокий или низкий спрос на поездки. Стоит разобраться в причинах, вызвавших это явление, и учитывать их воздействие на спрос при планировании предложения в будущем. Таким «выбросом», например, может быть высокий спрос на поездки в день проведения общегородских культурно-массовых мероприятий: празднование Дня города, открытое выступление звезд эстрады и др.

В качестве меры разброса ежедневно совершаемых поездок лучше использовать коэффициент вариации, который является относительной величиной. Недостаток применения таких мер, как дисперсия и среднеквадратическое отклонение, заключается в их абсолютном значении, что делает невозможным сравнение показателя по различным маршрутам с разными нагрузками и в разные периоды. Незначительная вариация свидетельствует о постоянстве спроса и является аргументом в пользу постоянства объема предложения.

Общую упрощенную характеристику числового ряда дополняет проверка гипотезы о том, являются ли колебания случайными или статистически значимыми. Для выяснения этого предлагается воспользоваться критерием дисперсионного анализа, а также непараметрическими тестами: Крускала-Уоллиса или медианным тестом [3]. Если колебания носят лишь случайный характер, то прогнозировать их невозможно.

Практически исчерпывающую характеристику колебаниям дает разработанный в математической статистике инструментарий по анализу временных рядов. Известно, что значения временного ряда колеблются под действием четырех типов факторов: 1) долговременные, формирующие общую тенденцию в изменениях; 2) периодические, повторяющиеся в определенное время; 3) циклические, формирующие изменения значений, обусловленные действием долговременных циклов; 4) случайные, не поддающиеся учету и регистрации. Анализ ряда позволяет идентифицировать колебания, оценить их значимость и даже составить модель зависимости значений ряда от времени.

Конечно, чтобы обнаружить колебания под действием долговременных факторов, нужно иметь достаточно протяженный временной ряд. Периоди-

ческие колебания можно выявить, имея статистику за месяц. Например, если каждые шесть дней наблюдаются повторяющиеся колебания, то воздействие выходных дней на спрос становится очевидным. Следовательно, при формировании предложения услуг это должно быть учтено.

Таким образом, из ответа на первый вопрос планирования должно быть ясно, следует ли объем предложения услуг сделать постоянным каждый день или разным. Если предложение рекомендуется варьировать, то необходимо указать в какой день (дни) и насколько его следует изменить.

В качестве реального примера были проанализированы фактические данные за тридцать дней работы по одному из маршрутов в городе Красноярске. Оказалось, что количество совершенных поездок в день находится в диапазоне от 3 301 до 3 949, т. е. максимальная амплитуда колебаний – 648 поездок. Коэффициент вариации составил 6,5 %, а это невысокий показатель. Тесты показали, что колебания не являются статистически значимыми. Медиана и среднее значение оказались близки друг к другу – «выбросов» за период анализа не зафиксировано. В тоже время по воскресеньям всегда совершалось меньше поездок, а по средам и четвергам больше, чем в остальные дни недели.

Второй вопрос, касающийся распределения объема предложения услуг в течение дня, более сложный. Сразу обратимся к фактическим данным (см. рисунок). По горизонтальной оси графика отмечено время дня, по вертикальной оси – среднее количество совершенных поездок за тридцать дней работы транспорта. Таким образом, каждая точка показывает, сколько в среднем совершено поездок в конкретное время или за конкретный рейс.

На графике видно, что спрос на поездки в зависимости от времени дня разный. В данном случае отчетливо просматривается время повышенного спроса или «часы пик» – это интервал времени с 8^{30} до 9^{30} утром и с 20^{00} до 21^{00} вечером. Очевидно, что предложение в указанное время должно быть большим по объему, чем в остальное время дня. Управление объемом предложения осуществляется за счет вариации интервалов движения, эксплуатации транспортных средств различной вместимости и использования разных режимов движения, например экспресс движение – без остановок по пути следования.

Но как реагировать на микроколебания? Так называемая «зубчатость» графика образуется, когда за несколько смежных по времени рейсов число перевозимых пассажиров изменяется не монотонно, а скачкообразно. Можно вообще никак не реагировать, а можно с помощью уже упомянутых инструментов управления предложением «сгладить» объем потребляемых в течение дня транспортных услуг. Целесообразность сглаживания состоит в сокращении невостребованного объема предоставляемых услуг.

Коротко процедуру сглаживания можно описать так: сначала выбирается рейс, за который совершается меньшее количество поездок, чем за предыдущий и последующий. Затем принимается решение, что в отношении этого рейса следует предпринимать. Его можно исключить из состава предложения в надежде, что пассажиры воспользуются услугами смежных рейсов, и в целом объем потребляемых услуг не уменьшится. Также можно сдвинуть время его выполнения к смежному рейсу и тем самым снизить амплитуду колебаний.

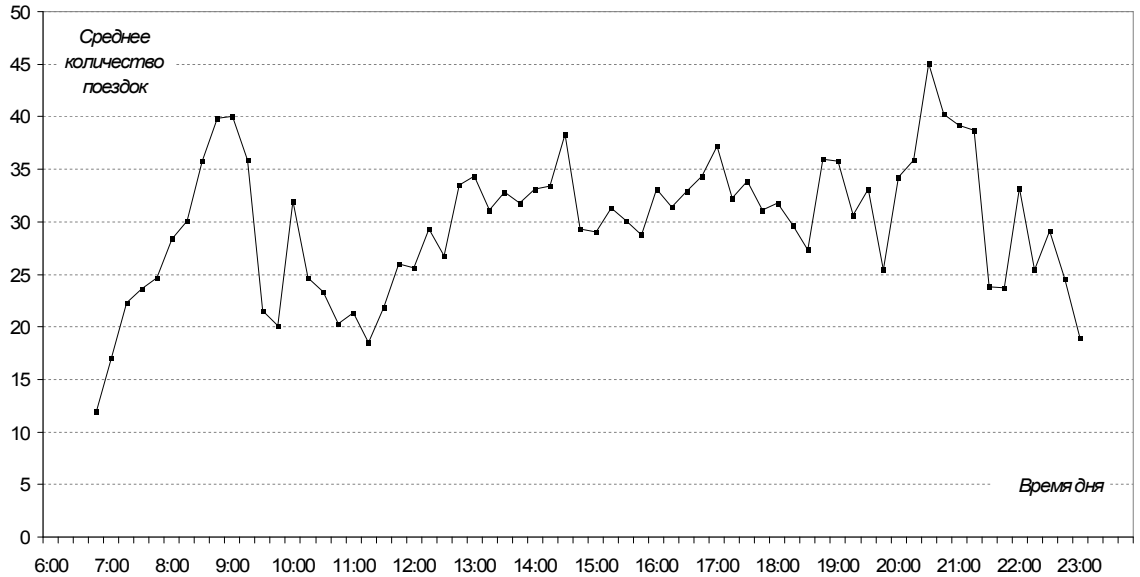


Рис. 1. Динамика количества совершенных поездок в течение рабочего дня

Монотонно изменяющийся объем потребляемых услуг будет означать, что предложение услуг в течение дня близко к оптимальному варианту. Дальнейшее повышение эффективности связано уже с соблюдением расписания движения и с решением вопросов, выходящих за рамки планирования.

Рассмотрим вопрос распределения объема предложения в течение дня подробно. На первом этапе следует проверить статистическую гипотезу для временного ряда, являются ли колебания значений случайными, по-другому – остается ли математическое ожидание временного ряда в его динамике постоянным.

В нашем случае гипотеза должна быть отвергнута. Ведь известно, что существуют «часы пик», приближаясь к которым спрос постепенно увеличивается, а после них снижается. Принятие гипотезы будет означать, что объем потребляемых услуг изменяется скачкообразно, и выполнение некоторых рейсов не эффективно.

Проверку гипотезы о неизменности среднего значения временного ряда предлагается осуществить с помощью критерия «восходящих» и «нисходящих» серий [3]. Согласно правилу проверки следует составить вспомогательную последовательность. На i-м месте вспомогательной последовательности ставится плюс, если за последующий рейс перевезено больше пассажиров, чем за предыдущий, и минус, если пассажиров перевезено меньше, чем за предыдущий рейс (если два или несколько следующих друг за другом наблюдений равны между собой, то принимается во внимание только одно из них). Очевидно, последовательность подряд идущих плюсов будет соответствовать возрастанию значений (восходящая серия), а последовательность минусов – их убыванию (нисходящая серия). Критерий основан на соображении: если колебания значений случайные, то в образованной последовательности знаков общее число серий не может быть слишком малым, а их протяженность (измеренная в количестве подряд идущих плюсов или минусов) – слишком большой.

Отметим, что для приведенного выше примера гипотеза оказалась верна, что указывает на необходимость сглаживания ряда.

Продемонстрируем процедуру сглаживания на интервале времени 9^{15} до 10^{15} (см. рисунок). Показатели описательной статистики четырех «векторов-столбцов», соответствующих рейсам в указанный интервал представлены в табл. 1.

По данным табл. 1 видно, что с 9^{30} до 10^{00} действительно совершалось меньшее количество поездок, чем до и после обозначенного периода, а близость медиан и среднеарифметических значений свидетельствует об отсутствии выбросов. Другими словами, падение спроса в указанное время не случайное событие, и оно повторялось из дня в день. Этот вывод подтверждает и анализ квартилей распределений. Следовательно, на закономерные изменения спроса предприятие просто обязано отреагировать соответствующим изменением предложения услуг. Остается ответить на вопрос: каким же образом?

Исключить «проблемный» рейс или изменить время его совершения? К сожалению, однозначного ответа из анализа первичных данных получить нельзя. Можно с определенной долей вероятности предположить, как поведут себя пассажиры. Опять обращаясь к фактическим данным, были рассчитаны коэффициенты корреляции значений количества совершенных поездок за выбранные рейсы (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что между смежными рейсами коэффициент корреляции принимает отрицательное значение, т. е. чем меньше пассажиров воспользовалось услугами предыдущего рейса, тем больше пассажиров перевозится последующим рейсом.

Таблица 1

Описательные статистики распределения количества поездок, совершаемых в течение тридцати дней

		Время			
		9^{15}–9^{30}	9^{30}–9^{45}	9^{45}–10^{00}	10^{00}–10^{15}
Среднеарифметическое		35,9	21,6	20,1	31,9
Медиана		36	21	20	29
Мода		15	13	6	17
Минимальное значение		15	4	5	17
Максимальное значение		65	40	44	55
Коэффициент вариации		37 %	40 %	49 %	32 %
Квартили:	1-й	22	15	11	25
	2-й	36	21	20	29
	3-й	45	27	28	40

Таблица 2

Корреляция значений количества поездок совершаемых в определенный период времени

Время дня	9^{15}–9^{30}	9^{30}–9^{45}	9^{45}–10^{00}	10^{00}–10^{15}
9^{15}–9^{30}		–0,54	–0,10	0,47
9^{30}–9^{45}			–0,32	–0,12
9^{45}–10^{00}				–0,52
10^{00}–10^{15}			–	

На степень зависимости указывает абсолютное значение коэффициентов. Между количеством поездок с 9^{15} до 9^{30} и с 9^{30} до 9^{45} существует обратная связь, и теснота связи характеризуется как умеренная. Аналогичная ситуация складывается между поездками с 9^{45} до 10^{00} и с 10^{00} до 10^{15}. Если исключить рейсы с 9^{30} до 10^{00}, то какая-то часть пассажиров обязательно воспользуется услугами смежных рейсов, предприятие их не потеряет. Но как в целом это отразится на объеме потребляемых услуг и эффективности можно узнать только в ходе реализации принятых решений.

Таким образом, чтобы эффективнее распределить объем предложения услуг в течение дня, необходимо проанализировать результаты работы по каждому из выполняемых рейсов.

Представленный инструментарий требует определения своего места в содержании работы подразделений с учетом организационной структуры транспортного предприятия.

Всю предшествующую принятию решений работу условно можно разделить на два больших этапа: сбор и анализ данных. Сбор первичных данных может производиться, как собственными силами предприятия, так и сторонними организациями. Сбор данных является трудоемким и трудозатратным процессом, поэтому потребует дополнительных расходов в случае привлечения кого-то со стороны. Использование внутренних ресурсов более предпочтительно, особенно если сбор данных сочетается с теми правилами ведения документации, которые приняты на предприятии.

Далее собранные первичные данные должны каким-то образом накапливаться и систематизироваться. Развитие информационных технологий не оставляет сомнения в том, что необходимо создавать электронную базу первичных данных. Самый простой – использование персонального компьютера с предустановленным стандартным программным обеспечением Microsoft Office. Более сложный вариант – построение для потребителя специальной индивидуальной информации базы данных по принципу клиент–сервер.

В любом случае потребуется ввод информации, т. е. перенос данных с бумажных носителей в электронный вид. Это объемная техническая работа. Периодичность ее выполнения определяется в зависимости от того, какая требуется оперативность анализа ситуации.

Если рассматривать предприятие со стандартной организационной структурой, то ввод информации в базу данных правильно будет закрепить за диспетчерской службой и отделом сбора доходов. Тогда в первое подразделение будет стекаться информация, касающаяся работы транспортных средств и водителя, т. е. информация, характеризующая предложение услуг. Второе подразделение в большей степени работает с информацией, характеризующей реализованный пассажирами спрос на поездки.

Важно понимать, что математический расчет показателей осуществляет машина. Но запрос на вычисление выполняется специалистами предприятия. Поэтому аналитическая функция состоит из запроса на расчет показателей, самого расчета и интерпретации полученных значений показателей. Если закреплять аналитическую функцию за подразделениями, то эту функцию лучше оставить за планово-экономическим отделом.

Подводя черту под изложением вопроса по планированию объема предоставляемых услуг, хочется сказать следующее. Все представленные методы анализа данных и расчета специальных показателей уже давно находятся в арсенале математической статистики. Но их практическое применение и использование для принятия управленческих решений стало возможным относительно недавно. Развитие компьютерной техники и программного обеспечения в настоящее время позволяет при наличии электронного массива данных по мере необходимости произвести любой расчет. Поэтому сейчас задача состоит в том, чтобы выбрать нужный инструмент, а также интерпретировать результаты анализа с языка математиков на язык управленцев.

На примере работы предприятия в сфере транспортного обслуживания была предпринята такая попытка. Результаты показали, что огромный массив данных о количестве поездок содержит важную информацию для планирования услуг и более эффективного распределения ресурсов предприятия.

Библиографический список

1. Гольдштейн, Г. Я. Маркетинг : учеб. пособие для магистрантов / Г. Я Гольдштейн, А. В. Катаев. Таганрог : ТРТУ, 1999.

2. Спирин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. М. : Изд. центр «Академия», 2003.

3. Айвазян, С. А. Прикладная статистика. Основы эконометрики : учебник для вузов / С. А. Айвазян. В. С. Мхиторян. Минск : ЮНИТИ-Дана, 2001.

M. Z. Ibragimov

PLANNING OF THE CITY PASSENGER TRANSPORT SERVICE VOLUME UNDER MARKET ECONOMY

Methods of statistic analysis of the city passenger transport work results as the elements of service volume planning mechanism are considered. A possibility of addition the planning aspects into the existent management system with regular organizing structure is studied too.

УДК 630.866

А. С. Игнатов, С. В. Хижняк, Р. А. Степень

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ВЫДЕЛЕНИЯ КОРОВОГО ПИХТОВОГО МАСЛА

Исследована динамика отгонки эфирного масла из древесной зелени и коры хвойных древесных пород водяным паром в интервале 100…180 °С. Показано, что половина его объема при 130…180 °С выделяется в первые 9 мин.

Динамика выделения эфирного масла из древесной зелени и коры хвойных древесных пород является предметом исследования многих авторов [1; 2; 3]. Вместе с тем, несмотря на значительный объем опубликованных данных, практически отсутствуют сведения о выходе и динамике отгонки в ее начальный период, что представляет интерес для осуществления некоторых производственных процессов, например изготовления древесностружечных и древесноволокнистых плит.

В качестве объекта исследования взята кора пихты сибирской – многотоннажное, мало используемое, сравнительно богатое терпеноидами сырье, скапливающееся в больших объемах на промышленных площадках лесоперерабатывающих и целлюлозно-бумажных комбинатов. Авторами было изучено влияние температуры, скорости подачи пара и размера частиц на выход и состав эфирного масла на начальной стадии его отгонки.

В предварительной части исследования для характеристики используемого сырья в аппарате Клевенджера при атмосферном давлении была проведена отгонка эфирного масла из коры приспевающих деревьев (80–90 лет) и определен его выход, компонентный состав и физико-химические показатели. В результате было получено, что содержание масла составляет 2,60 %, плотность 0,865 5 г/см^3, показатель преломления 1,481 1, кислотное и эфирное числа 1,02 и 35,2 мг КОН/г. Полученные данные, как и компонентный состав, согласуются с ТУ 13-0273219-18–90 и выводами [2; 3].

При изучении влияния температурного воздействия на выделение корового эфирного масла опыты проводились на крупнолабораторной установке в интервале 100…180 °С с количественным определением вклада его фракций, отгоняемых в течение 1, 3, 5, 7, 9 мин и всего процесса. Помимо динамики отгонки, была оценена доля удаляемых терпеноидов в указанные периоды и скорость их выделения.

Сравнение полученных данных показывает, что температура рабочего пара существенным образом влияет на скорость отгонки и выход эфирного масла. Между интенсивностью его выделения и температурой отмечается прямая пропорциональная зависимость: ее скорость постоянно возрастает с увеличением температуры рабочего пара. Зависимость выхода масла от температурного воздействия имеет более сложный характер (табл. 1).

При подъеме температуры от 100 до 130 °С выход корового масла возрастает почти на 20 %. Температурное инициирование увеличения выхода терпеноидов, по-видимому, связано с более полной отгонкой масла и ускоренным разложением сложных терпеноидных структур с высвобождением несвязанных терпеноидов – компонентов эфирного масла. Снижение выхода при дальнейшем повышении температуры логично объясняется усилением окислительных и поликонденсационных процессов с участием терпеноидов и их переводом в смолистые продукты [4].

Зависимость между объемом V, мл исчерпывающего выделения в представленной выше серии опытов при исследованных температурах t °С рабочего пара корового эфирного масла удовлетворительно описывается квадратным уравнением

$$y = -0{,}000\,7t^2 + 0{,}170\,3t - 7{,}59.$$

Таблица 1

Влияние температуры рабочего пара на выход корового эфирного масла

Температура отгонки, °С	Выход масла, мл	Выход, %	Доля от максимального выхода, %
100	4,56	2,55	81,2
130	5,65	3,14	100,0
150	3,01	1,66	52,9
180	2,15	1,19	37,9

Но в начальной стадии отгонки масла при анализируемой продолжительности опытов (0…9 мин) сечение поверхности отклика точнее выражается не этим уравнением, а гиперболической кривой, адекватно описываемой полиномом третьей степени. Уравнение регрессии, выражающее эту зависимость, имеет вид

$$V = 2{,}717\,4\cdot10^{-5}t^3 - 0{,}011\,7t + 1{,}643\,4t - 72{,}199\,6.$$

Вместе с тем в области, близкой к экстремуму, достаточно хорошая аппроксимация достигается при использовании полинома второй степени с уравнением регрессии:

$$V = -\,0{,}0014t^2 + 0{,}352\,6t - 19{,}210\,4.$$

При аппроксимации полиномом третьей степени расчетный максимум выхода корового масла (2,82 %) должен наблюдаться при температуре 119,5 °С, полиномом второй степени (2,68 %) – при температуре 124,2 °С.

Согласно экспериментальным данным, достаточно полная отгонка корового эфирного масла осуществляется при 100 °С в течение 180 мин, при 130 °С – в течение 120 мин, при 150 °С – в течение 110 мин и при 180 °С – в течение 90…100 мин. На начальной стадии эта зависимость выражается семейством однотипных кривых, расположение которых определяется температурой пара. При поверхности отклика в диапазоне температур 100…150 °С и продолжительности отгонки ф 0…9 мин поверхность отклика адекватно описывается уравнением второго порядка:

$$V = -\,12{,}810\,1 + 0{,}210\,9t + 0{,}411\,4ф - \\ -\,0{,}000\,8t^2 - 0{,}000\,5tф - 0{,}011\,55ф^2.$$

Согласно этому уравнению 30%-й выход масла достигается при 100 °С в течение 5 мин, при 130 °С – в течение немногим более 4 мин, при 150 °С – в течение 2,5 мин и при 180 °С – в течение менее 2 мин. Для выделения половины находящихся в коре терпеноидов достаточно 8,5 мин при 130 °С, 7 мин при 150 °С, 4 мин – при 180 °С. Следовательно, для отгонки большей части эфирного масла из коры при обработке рабочим паром с температурой 170…180 °С требуется не более 5…6 мин.

Удаление эфирного масла и получение при этом товарного продукта, помимо повышения рентабельности предприятия, улучшает и экологическую ситуацию. Оно способствует снижению неконтролируемого улетучивания в воздушную среду помещений терпеноидов, концентрация которых в атмосфере выше 5 мг/м^3 опасна для здоровья [5].

Кроме продолжительности и температуры отгонки, на выход масла влияют скорость подачи пара и степень измельчения сырья.

Влияние скорости подачи пара проявляется в том, что ее величина изменяется в интервале от 30 до 150 мл/мин в пересчете на 1 кг абсолютно сухой массы коры. Установлено, что его оптимум находится на уровне 60 мл/мин. Математическая обработка результатов опытов показывает, что анализируемая зависимость имеет гиперболический характер. Соответствующее уравнение регрессии имеет вид

$$y = 2\cdot10^{-6}x^3 - 0{,}000\,5x^2 + 0{,}042\,2x + 1{,}330\,5,$$

где x – скорость потока пара, мл/мин, на 1 кг сырья.

При измельчении сырья величина выхода масла при 100 °С заметно возрастает. Это объясняется большей легкостью и интенсивностью удаления терпеноидов из рабочей зоны и, следовательно, их меньшим осмолением. При повышении температуры среды скорость удаления масла из сырья разного размера выравнивается и измельчение отражается на, выходе в меньшей мере.

Учет воздействия рассмотренных технологических факторов показывает, что выход эфирного масла при оптимальных условиях в течение 5…7 мин составляет 0,8…1,0 % от абсолютно сухой массы. При использовании 1 т отходов 30%-й влажности получается 5…7 кг дополнительного товарного продукта. Учитывая, что ежесуточно перерабатываются гораздо большие объемы сырья, реализация данной технологии может значительно улучшить экономические показатели, лесоперерабатывающих предприятий.

Важное значение имеет качество получаемого эфирного масла, прежде всего его состав. Основные компоненты масла, отогнанные в течение 9 мин при обработке коры пихты острым паром температурой 100 и 180 °С, приведены в табл. 2.

Повышение температуры обработки сырья ведет к увеличению в масле вклада монотерпеновой фракции, хотя ее количество с учетом изменения выхода снижается вдвое.

Вместе с тем роль разных компонентов в наращивании вклада фракций неодинакова.

Ее доля возрастает за счет пиненов – бициклических соединений с одной двойной связью, которые наиболее устойчивы к окислению. А доля камфена, 3-карена, мирцена, лимонена и в-фелландрена – более подверженных окислительным превращениям монотерпеновых углеводородов во фракции уменьшается. На такой характер изменчивости компонентного состава указывается и в работах [4; 6].

Изменение вклада сесквитерпеноидных соединений подобно монотерпенам. Их вклад при повышении температуры рабочего пара характеризуется тенденцией к увеличению. Возможным объяснением этого может служить их большая стабильность к окислению и сравнительно высокая температура кипения по сравнению с другими летучими терпеноидами.

Таблица 2

Компонентный состав корового эфирного масла, % от суммы

Компоненты	Температура, ^{0}C		Компоненты	Температура, ^{0}C	
	100	180		100	180
Трициклен	1,8	1	Фенхон	1,2	0,6
б-Пинен	44,3	51,6	Камфора	0,7	0,3
Камфен	14,6	11,5	Борнеол	0,4	4,3
в-Пинен	8,7	11,8	Борнилацетат	18,5	7,1
Мирцен	1,3	0,7	Другие	2,2	3,8
3-Карен	6,5	5,7	Всего кислородосодержащих соединений	23	16,1
Лимонен + в-фелландрен	19,1	15,3	Кариофиллен	1,1	0,9
Терпинолен	0,3	0,5	в-Бизаболен	1,4	1,5
Другие	1,6	2,2	Другие	0,7	1,1
Всего монотерпеновых углеводородов	79,3	80,4	Всего сесквитерпеноидов	3,2	3,5

Кислородсодержащие терпеноидные соединения менее устойчивы к окислению и поликонденсации, чем моно- и сесквитерпеноидные углеводороды [7]. В этой связи снижение вклада их фракции при развитии окислительных процессов при повышении температуры выглядит вполне логично. Увеличение соотношения борнеола по сравнению с другими компонентами данной фракции при отгонке масла при 180 °С объясняется его образованием при гидролитическом расщеплении борнилацетата.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что при паровой обработке древесных отходов перед их использованием в изготовлении плитного материала может быть получен дополнительный товарный продукт – эфирное масло. Наиболее существенными факторами, влияющими на его выход и качество, являются температура рабочего пара и продолжительность обработки коры.

Библиографический список

1. Бараков, Т. В. Получение эфирного масла из коры пихты сибирской / Т. В. Бараков, А. А. Голиков, Г. Н. Черняева // Современные проблемы повышения эффективности заготовок лесохимического сырья. Химки, 1976. С. 97–100.

2. Технология производства эфирного масла и других продуктов из коры пихты / М. Е. Ильницкий, Г. В. Ляндрес, А. Я. Шпаков и др. // Производство кормовых и биологически активных продуктов из отходов и низкокачественного древесного сырья / Сиб. НИИ лесн. пром-ти. Красноярск, 1990. С. 110–119.

3. Комплексная утилизация коры пихты сибирской / Г. Н. Черняева, Г. И. Перышкина, Пак Чун Дя и др. // Лесн. хоз-во. 1985. № 5. С. 79.

4. Бардышев, И. И. Автоокисление терпеновых углеводородов / И. И. Бардышев, В. С. Шавырин // Синтетические продукты из канифоли и скипидара. Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1970. С. 203–219.

5. Кустова, С. Д. Справочник по эфирным маслам / С. Д. Кустова. М. : Пищ. пром-сть, 1978. 208 с.

6. Bohe, L. R. Autooxidation de alfa-pinene / L. R. Bohe // Essenzenderiv. agrum. 1983. Vol. 53. № 2. P. 148–152.

7. Терпеноиды хвойных растений / В. А. Пентегова, Ж. В. Дубовенко, В. А. Ралдугин и др. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1987. 96 с.

A. S. Ignatov, S. V. Khizhnjak, R. A. Stepen

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE INITIAL STAGE OF ALLOCATION FROM A BARK OF FIR OIL

Dynamics of allocation of ethereal oil from wood greens and coniferous trees bark species using water steam in the interval of 100…180 ^{o}C is investigated. It is shown that half of its volume is allocated at 130…180 ^{o}C during the first 9 minutes.

УДК 676.1.054.1

М. А. Карбышев, Ю. Д. Алашкевич, А. А. Набиева

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ НА ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ

Рассмотрены экспериментальные исследования в области процесса размола волокнистых материалов ножевым способом.

Размолом называется процесс специальной механической обработки растительных волокон в присутствии воды, выполняемый в размалывающих машинах – мельницах. Размол является одним из важнейших процессов бумажного производства, который позволяет изменять многие свойства бумаги в широком диапазоне значений. Размол волокон производится в машинах непрерывного действия – в конических, цилиндрических и дисковых мельницах.

Сложность процесса размола обусловлена, с одной стороны, строением растительных волокон, а с другой – многообразными, но еще недостаточно изученными явлениями, которые происходят в водно-волокнистой суспензии [1]. Как известно, изучение явлений, происходящих с растительными волокнами при размоле влияющих на формование бумажного полотна и придание ему требуемых свойств, привело к появлению различных теорий относительно размола (химической Г. Кросса, Е. Бивена, Х. Швальбе, физической Ж. Стрейчена и В. Кемпбелла и объединенной гипотезы Ж. Кларка [2]), которые были освещены в специальной литературе, изданной за последние десятилетия.

Но несмотря на успехи, достигнутые в этой области, современные представления о процессе размола бумажной массы до сих пор не позволяют в полной мере решить практические задачи по интенсификации производственного размола и удовлетворению все возрастающих требований к улучшению качества продукции. Поэтому разработка теории размола до сих пор остается важнейшей задачей в развитии технологии производства бумаги.

Для получения бумаги максимальной прочности волокнистый материал не следует интенсивно размалывать. Нужно воздействовать на волокно так, чтобы содержащиеся в его наружных слоях гемицеллюлозы освобождались, разрушался наружный слой вторичной стенки частично или полностью, а средний слой сохранялся неразрешенным. Подобная обработка без рубки волокон возможна только при размоле волокнистых материалов ультразвуком, высокочастотными механическими пульсирующими воздействиями, электрогидравлическим ударом и т. п. Массу со стабильными свойствами можно получать и благодаря автоматической системе регулирования удельного давления размола [3].

В гидродинамических размалывающих аппаратах, работающих при зазоре между рабочими поверхностями статора и ротора, в десятки раз превышающем среднюю толщину волокна, механическое воздействие на массу незначительно, так как непосредственного соприкосновения рабочих поверхностей не происходит. Основной размалывающий эффект достигается за счет чередующихся сжатий и разряжений под действием гидродинамических ударов на массу в момент прохождения ее между размалывающими поверхностями. Сжатия и разрежения массы возникают при периодическом уменьшении и увеличении площади живого сечения рабочей зоны аппарата [2].

Гидродинамическое воздействие осуществляется касательными напряжениями, возникающими в жидкости после того, как перестают действовать срезающие факторы ножевых поверхностей мельницы. Это происходит, когда размеры частичек материала становятся соизмеримыми с толщиной зазора. При этом жидкость, попадая в зону с большим градиентом скорости, обтекает ножи статора и ротора мельницы, являющихся в данном случае шероховатостями.

Течение волокнистой суспензии в рабочих органах ножевых машин и возможный механизм разрушения волокон за счет гидродинамических сил был рассмотрен Ю. Д. Алашкевичем [4]. Сделанные им предположения дополнительно подтверждаются проведенным теоретическим анализом скоростных и силовых характеристик явлений возникающих при течении волокнистой суспензии в ячейках между ножами гарнитуры дисковой мельницы.

Исходя из имеющихся представлений о процессе размола волокнистой массы в рабочих органах ножевых размалывающих машин, для достижения высокого качества помола следует создавать такие воздействия, которые могли бы максимально исключить механическое измельчение и способствовать фибрилляции волокон.

Для этого необходимо принять во внимание физические размеры и сопротивление обрабатываемого волокна размолу и учесть механизм и интенсивность воздействия ножевой гарнитуры

на волокно. При этом предпочтение должно быть отдано таким условиям, при которых на волокнистую суспензию в большей степени влияют касательные напряжения, возникающие в жидкости и создающие гидродинамическое воздействие. Для возникновения эффекта кавитации следует увеличить скорость течения жидкости и снизить давления. С позиций теории удельной нагрузки на кромку, чтобы сохранить волокно и развить хорошие прочностные характеристики, необходимо создать условия для большого количества слабых ударов, выраженных как удельная нагрузка на кромку. Но с точки зрения И. Лумиайнена [5], именно небольшое количество ударов высокой интенсивности сильнее разрубит волокно и обеспечит невысокие прочностные показатели. И в этом случае автор первой теории считает необходимым принимать во внимание количество и длину ударов, направленных поперек ножей.

Отмеченные выше противоречия очень ярко характеризуют проблему выбора тех или иных конструктивных решений. Поэтому очень важно четко знать, какие из конструктивных и технологических параметров позволят установить необходимый режим процесса размола для достижения требуемого качества конечного продукта.

В связи с этим на кафедре машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета была спроектирована и изготовлена гарнитура с пространственным расположением ножей где изменяется как рисунок ножевой гарнитуры, так и межножевая размольная полость (рис. 1). Эти характеристики делают данную гарнитуру более предпочтительной по сравнению с известными гарнитурами, так как практически все ножевые гарнитуры для дисковых мельниц в настоящее время изготавливаются с плоской поверхностью размола и зафиксированными геометрическими характеристиками: рисункам ножей, углам установки ножей относительно радиуса, числом секторов, которые нельзя изменить в дальнейшем при эксплуатации (рис. 2).

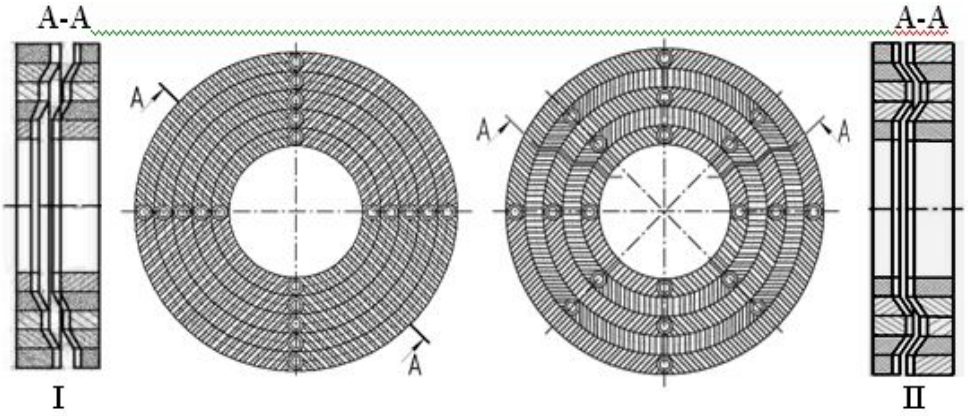


Рис. 1. Ножевая размалывающая гарнитура с пространственным расположением ножей в трех плоскостях *XYZ:* I – гарнитура с конической полостью размола; II – гарнитура с волнообразной полостью размола

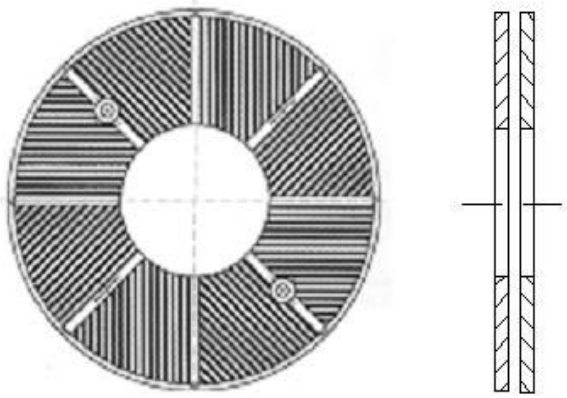


Рис. 2. Традиционная ножевая гарнитура с плоской полостью размола

Гарнитура с пространственным расположением ножей позволяет добиться следующих результатов:

– интенсифицировать процесс размола за счет возможности настройки рисунка рабочей поверхности на требуемое исполнение, в зависимости от концентрации суспензии и вида материала;

– повысить эффективность и высокое качество размола за счет правильного выбора режима траектории пути прохождения волокнистого полуфабриката через рабочую межножевую размольную полость;

– снизить энергозатраты за счет наиболее полного использования механической и гидродинамической энергии воздействия на волокнистый полуфабрикат;

– повысить производительность за счет сокращения количества циклов прохождения волокнистого полуфабриката через межножевую полость в единицу времени при сохранении качества размола.

На специальной лабораторной установке было исследовано влияние размольной межножевой рабочей полости на качество обрабатываемого волокнистого материала. В качестве размалываемого материала использована суспензия сульфитной целлюлозы концентрацией 2 %. Размер рабочего зазора между дисками составлял 0,2 мм, частота вращения ротора – 2 000 об/мин, изменения касались геометрических характеристик размольной межножевой полости.

Результаты исследований показали, что при использовании гарнитуры с конической межножевой полостью (I) прирост градуса помола осуществлял в 1,5 раза интенсивнее по сравнению с гарнитурой, имеющей волнообразную межножевую полость (II), и в 3,2 раза интенсивнее гарнитуры с традиционным исполнением (I) (рис. 3). В то же время физико-механические характеристики отливок из волокнистой массы, обработанных на гарнитуре с волнообразной межножевой полостью, в 1,5 раза выше, чем у отливок, обработанных на гарнитуре с конической межножевой полостью и в 2,3 раза выше, чем у отливок, обработанных на гарнитуре с традиционным исполнением (рис. 4).

Если сравнивать ножевые гарнитуры I, II, III по качественным показателям, то на гарнитуре II качество готового продукта, определяемое стандартом достигается при 30°ШР за 8 мин, на гарнитуре I – уже при 50° ШР за 11 мин, а на традиционной ножевой гарнитуре при 60° ШР за 30 мин (см. рис. 3). В результате времени для обработки волокна на гарнитуре – II требуется меньше, что позволяет снизить энергоемкость данного процесса.

Число двойных перегибов с увеличением градуса помола имеет тенденцию к росту (рис. 4, *а*). Величина сопротивления излому, как и других физико-механических показателей, при разломе на гарнитуре II позволяет достичь значения, определяемого стандартом, при меньшем градусе помола, чем при размоле на гарнитурах I и III.

При размоле целлюлозной массы до 50°ШР значение сопротивления продавливанию на гарнитуре II составляет 368 кПа, на гарнитуре I – 340 кПа, а на гарнитуре III – 290 кПа (рис. 4, *б*). Бо́льшее значение сопротивления продавливанию при использовании гарнитуры с волнообразной размола свидетельствует о повышенных прочностных характеристиках готовых бумажных отливок.

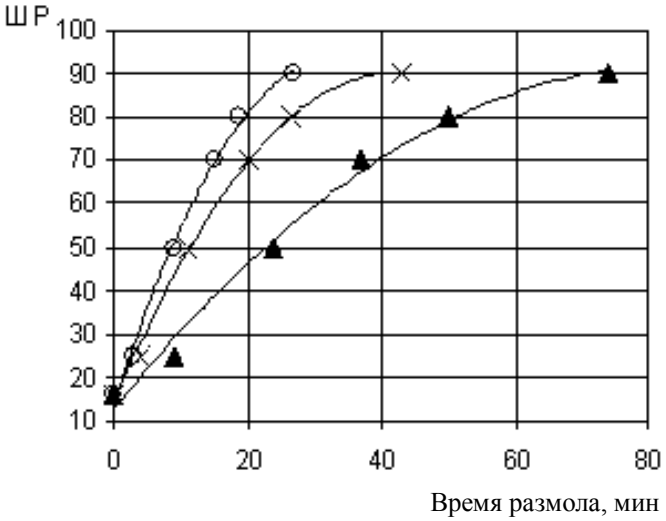
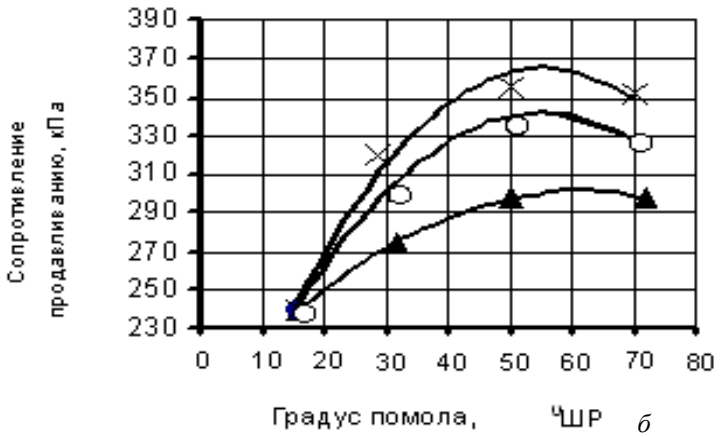
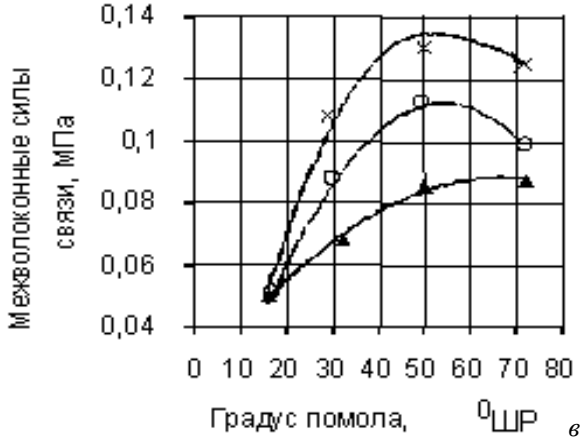


Рис. 3. Прирост градуса помола от времени:
○ – гарнитура с конической полостью размола (I);
× – гарнитура с волнообразной полостью размола (II); ▲ – традиционная ножевая гарнитура (III)





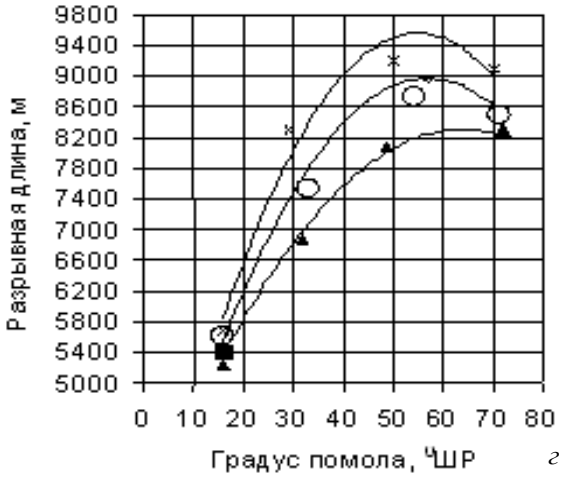


Рис. 4. Зависимость физико-механических показателей бумажных отливок (*а* – число двойных перегибов; *б* – сопротивление продавливанию; *в* – межволоконных связей силы; *г* – сопротивление придавливанию) от градуса помола при различной конфигурации межножевой размольной полости: ○ – гарнитура с конической полостью размола (I); × – гарнитура с волнообразной полостью размола (II); ▲ – традиционная ножевая гарнитура (III)

Величина сопротивления продавливанию зависит от длины волокон, из которых изготовлена отливка, а также от силы межволоконных связей (рис. 4, *б*). Отливка, изготовленная из длинных волокон, отличается бо́льшей величиной сопротивления продавливанию. С увеличением степени помола бумажной массы в отливке растут силы связи между волокнами, одновременно увеличивается и сопротивление продавливанию, что подтверждается опытными данными, полученные авторами.

Графическая зависимость разрывной длины (рис. 4, *г*) показывает, что с увеличением градуса помола до 50…60° ШР, происходит рост значения разрывной длины, а последующее снижение прочностных показателей обусловлено снижением прочности самих волокон, которые уже не способны выдерживать прилагаемые нагрузки даже благодаря силам связей. Процесс размола, проводимый на гарнитуре с волнообразной полостью размола, позволяет получить более прочную по структуре отливку с высокими показателями разрывной длины по сравнению с отливкой, которая изготовлена на гарнитурах с плоской и конической поверхностями размола.

Таким образом, предложенная в данной статье ножевая гарнитура с пространственным расположением ножей по сравнению с традиционными гарнитурами позволяет, во-первых, повысить производительность за счет сокращения количества циклов прохождения волокнистого полуфабриката через межножевую полость; во-вторых, улучшить физико-механические показатели процесса размола бумагообразующие свойства волокнистого полуфабриката; в-третьих, снизить энергозатраты за счет увеличения производительности процесса.

Библиографический список

1. Легоцкий, С. С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы / С. С. Легоцкий, В. Н. Гончаров. М. : Лесн. пром-ть, 1990. 224 с.

4. Алашкевич, Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах : дис. … д-ра. техн. наук : 05.21.03 : защищена 14.04.87 / Ю. Д. Алашкевич. Красноярск, 1987. 376 с.

3. Шитов Ф. А. Технология целлюлозно-бумажного производства / Ф. А. Шитов. М. : Лесн. пром-ть, 1978. 382 с.

2. Набиева, А. А. Оценка влияния и совершенствование основных технологических параметров ножевых размалывающих машин : дис. … канд. техн. наук : 05.21.03 : защищена 14.09.04 / А. А. Набиева. Красноярск, 2004. 182 с.

5. Лумиайнен, И. Новая теория может улучшить практику / И. Лумиайнен // Pulp and paper international = Бум. пром-сть. 1991. № 11. С. 26–28.

M. A. Karbyshev, Ju. D. Alashkevich, A. A. Nabieva

INFLUENCE OF GEOMETRICAL CONSTRUCTION OF KNIFE GARNITURE ON THE FIBRED TREATMENT SUSPENSION PROCESS

The examined experimental researches in the area of fibred materials grinding by the knife method.

УДК 535.34.349.4

В. И. Квашенников

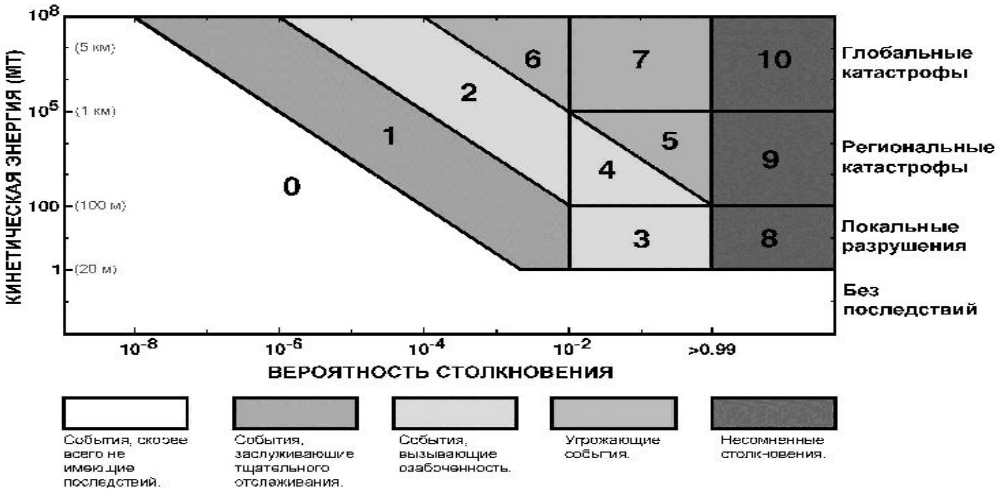
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Представлена информация о международных системах классификации опасных космических объектов: Туринской шкале и шкале Палермо. Приведено графическое и табличное определение класса опасности, а также формулы для его расчета.

Любое сообщение об открытии нового астероида сразу же вызывает вопрос: а не столкнется ли он с Землей? Несмотря на успокаивающие заявления специалистов о крайне малой вероятности такого события, общественность зачастую проявляет в этом вопросе большую обеспокоенность, граничащую с паникой. Полезным шагом в борьбе с такого рода сенсациями и паникой станет разработанная американским астрономом Р. Бинзелом из Массачусетского технологического института шкала астероидной опасности, подобная шкале Рихтера, широко используемой сейсмологами для указания разрушительной силы землетрясений. Как и шкала Рихтера, шкала Бинзела вполне доступна пониманию неспециалиста, в чем и заключается ее несомненная польза. Впервые автор представил эту шкалу своим коллегам на симпозиуме в Турине, поэтому она была названа по имени этого итальянского города.

Туринская шкала классификации опасных космических объектов. Угроза со стороны любого тела по туринской шкале оценивается целыми числами от 0 до 10, где 0 означает отсутствие какой-либо угрозы, а 10 соответствует несомненной глобальной катастрофе. В основу построения шкалы положен учет двух основных факторов, определяющих оценку угрозы: вероятности столкновения и его кинетической энергии. Они являются двумя измерениями, в пространстве которых производится оценка угрозы (см. рисунок). При этом кинетическая энергия столкновения, выраженная в мегатоннах тринитротолуолового эквивалента, меняется в пределах от 1 до 10^8 Мт. Нижний предел соответствует телам около 20 м в диаметре. Меньшие по размеру тела, как правило, полностью разрушаются в атмосфере и не представляют совершенно никакой угрозы для жителей Земли. Поэтому все события с меньшей энергией получают по туринской шкале оценку 0. По горизонтальной оси отложены вероятности столкновения в пределах от 10^{-8} до 1. События, имеющие вероятность меньше чем 10^{-8}, также рассматриваются как непредставляющие реальной угрозы вне зависимости от сопутствующей им энергии и потому получают по туринской шкале оценку 0 (см. таблицу).

В ходе оценок, проводимых учеными, выяснились некоторые недостатки этой системы определения опасности, в частности отсутствие непрерывности (шкала имеет 11 дискретных значений). Помимо этого, в туринской шкале не учитываются вероятности множественных столкновений космических тел. Поэтому для проведения научных исследований была разработана другая система, которая позволяет оценить различные события с точки зрения создаваемой ими угрозы вне зависимости от диапазона энергии, вероятности и времени до столкновения. Кроме того, она обеспечивает непрерывность и сглаженность оценки в любом диапазоне. Окончательный вид этой системы был представлен в 2001 г. на конференции в городе Палермо «Asteroids 2001. From Piazzi to the third millennium». И поэтому данная шкала получила название *Палермской*.



Туринская шкала определения уровня опасности

Классификация опасных событий по Туринской шкале

Группа событий	Показатель	Корректировка
События, не имеющие последствий (белая зона)	0	Вероятность столкновения в ближайшие десятилетия равна 0. К этой же категории событий относятся столкновения с объектами, которые не смогут достигнуть поверхности Земли, сгорев в ее атмосфере
События, заслуживающие внимания (зеленая зона)	1	Вероятность столкновения крайне низка, порядка вероятности случайного столкновения Земли с объектом такого же размера
События, вызывающие беспокойство (желтая зона)	2	Близкий, но не являющийся чем-то необычным пролет. Столкновение очень маловероятно
	3	Близко пролетающее тело, вероятность столкновения 1 % или выше. Столкновение способно вызвать только локальные разрушения
	4	Близкий пролет с вероятностью столкновения 1 % или более. Столкновение способно вызвать региональные разрушения
Явно угрожающие события (оранжевая зона)	5	Близкий пролет, который может с существенной вероятностью вызвать столкновение, приводящее к региональной катастрофе
	6	Близкий пролет, который с существенной вероятностью может вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с вероятными глобальными последствиями
	7	Близкий пролет, который с существенной вероятностью может вызвать столкновение, приводящее к катастрофе с неизбежными глобальными последствиями
Неизбежное столкновение (Красная зона)	8	Столкновение приводящее к локальным разрушениям
	9	Столкновение приводящее к региональным разрушениям
	10	Столкновение приводящее к глобальной катастрофе с изменением климата

Палермская шкала. При разработке данной шкалы было введено понятие *нормализованного риска R.*

Нормализованный риск – это вероятность столкновения тела с Землей, взвешенная по отношению к вероятности столкновения с Землей тел такой же самой или большей энергии за время, оставшееся до предполагаемого столкновения. Десятичный логарифм этой величины R определяет Палермскую шкалу для оценки угрозы столкновения тел с Землей $PS = \lg R$, где: $R = \dfrac{P_i}{f_B \cdot DT}$, здесь P_i – вероятность столкновения, DT – время до столкновения в годах, коэффициент f_B рассчитывается по формуле $f_B = 0{,}03 \cdot E^{4/5}$, где E – мощность взрыва, Мт.

Для расчета вероятности множественных столкновений используется следующая формула:

$$PS_{\text{ком.}} = \lg(10^{PS1} + 10^{PS2} + 10^{PS3} + ...)$$

где PSi – вероятность единичного столкновения i-го объекта с Землей.

Полученные результаты сравниваются по шкале. Если $PS < -2$, то такой объект практически не угрожает Земле. Если опасность находится в диапазоне от –2 до 0, то за объектом стоит наблюдать. Положительное значение – это реальный повод для опасения.

Таким образом, в настоящее время действуют обе шкалы: и туринская, и шкала Палермо. Туринская шкала используется для представления информации неспециалистам, уже знакомого с подобными оценками (балльная оценка штормов, землетрясений и т. д.). Палермская шкала не всегда понятная обычному человеку, но она позволяет специалистам точнее оценивать ситуацию. В то же время при всем их различии обе шкалы, тем не менее, позволяют оценивать ситуацию в одной системе отсчета.

Более подробно с этим вопросом можно ознакомиться на следующих сайтах в Интернете: http://neo.jpl.nasa.gov/torino_scale.html, http://neo.jpl.nasa.gov/risk/doc/palermo.html, http://neo.jpl.nasa.gov/risk/doc/palermo_paper.html, http://neo.jpl.nasa.gov/risk/.

V. I. Kvashennikov

THE INTERNATIONAL SYSTEMS OF CLASSIFICATION OF DANGEROUS SPACE OBJECTS

It is given the information about international danger cosmic objects classification systems. There are two classification scales: Turin's and Palermo'S. There is a diagram, a dangerous level identification table and calculation formulas.

УДК 676.1.054.1

В. А. Кожухов, В. И. Ковалев, Ю. Д. Алашкевич

УДАРНЫЙ ЭФФЕКТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НОЖЕВОЙ ГАРНИТУРЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАЗМОЛА

Приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований в области процесса размола волокнистых материалов ножевым способом.

Размол бумажной массы является исключительно важным этапом технологии производства бумаги, в процессе которого волокнистому материалу придается необходимый фракционный состав с тем, чтобы при отливе на бумагоделательной машине обеспечить требуемую структуру и плотность бумажного листа. В частности, волокнистый материал должен обладать такими физико-химическими свойствами, полученными при изменении степени дисперсности волокнистой суспензии, расщеплении волокон и обработки их поверхности, от которых будет зависеть образование межволоконных сил связей и, следовательно, механическая прочность и многие другие свойства бумажного полотна [1].

Первые технологии производства бумаги были разработаны более четырех тысяч лет назад в Китае. В кустарных мастерских волокнистые материалы разбивали в ступах. За счет того что волокно обрабатывалось между тупым пестом и дном ступы, происходило не укорачивание, а лишь их разделение, а получаемая масса была хорошего качества, фибриллированной, длинноволокнистой, но производительность труда была очень низкой. В 1670 г. появились роллы, основной принцип которых заключался в ножевом размоле бумажной массы. Но качество размола волокнистой массы при этом значительно снизилось. Изобретенная в 1737 г. в Парижской академии наук коническая мельница не нашла практического применения, так как в конструкции мельницы был использован принцип ударного воздействия на волокно – принцип ступы. И до сих пор предпринимается множество попыток использовать эффект ударного воздействия на волокно при его размоле в современных высокопроизводительных ножевых размалывающих машинах [2].

Сущность процесса размола в ножевых размалывающих машинах в полной мере до настоящего времени не выяснена. Объясняется это сложностью процесса размола, зависящего от многих факторов и недостаточностью проведенных в этой области исследований. Главными управляемыми факторами данного процесса являются продолжительность размола и удельное давление, вспомогательными управляемыми — концентрация массы. Остальные факторы остаются практически неуправляемыми [3].

Объектом исследования для авторов явились волокнистые суспензии низкой и умеренной концентрации. Несмотря на широкое применение таких суспензий в промышленности и обилие экспериментального материала, теоретического обоснования выбора геометрии ножевой гарнитуры с учетом изменения бумагообразующих и физико-механических свойств готовой продукции пока нет.

Угол скрещивания ножей гарнитуры ротора и статора является параметром, с помощью которого можно варьировать соотношение гидратирующего и укорачивающего воздействия на волокнистый материал, а также изменять удельный расход электроэнергии на размол. А для увеличения внешней удельной поверхности волокна и прочности межволоконных связей следует создавать нагрузки, работающие на растяжение волокон, и уменьшать режущее воздействие ножевой гарнитуры.

Наибольшее воздействие на флокулярную массу происходит при движении волокнистой массы в стесненном межножевом пространстве ножевых размалывающих машин. При этом силовые воздействия могут развиваться по двум направлениям: за счет резания флокена острыми кромками скрещивающихся ножей, когда основная часть волокон не попадает в межножевой зазор, и путем вязко-пластичной деформации флокена между рабочими поверхностями ножей [1].

Процесс механического разрезания флокена, сопровождающийся рубкой волокон, легко осуществляется на ножевой гарнитуре и не требует больших затрат энергии. Провести же обработку массы с доминированием фибриллирующих воздействий значительно сложнее. Обычно для этой цели увеличивают межножевой зазор, скорость рабочих органов и концентрацию массы. Но увеличение зазора снижает удельное давление размола, растягивая процесс во времени, в результате чего расход энергии значительно увеличивается. Повышение окружной скорости также вызывает неоправданно большие затраты энергии на преодоление потерь на трение и гидравлические сопротивления, одновременно с этим увеличивается износ аппаратуры. Размол при высокой концентрации (10…30 %) тоже требует повышенных энергозатрат. Кроме того, возникают дополнительные трудности при сгущении и транспортировке высококонцентрированной массы [4].

В связи с вышесказанным становится понятна необходимость выбора оптимального режима

размола, при котором будет преобладать фибриллирующее воздействие на волокно, а не рубящее. Спроектированная и изготовленная ножевая гарнитура с оригинальным рисунком (гарнитура с ударным эффектом) (рис. 1) позволяет свести к минимуму рубящий эффект, что достигается при одновременном контакте всех кромок ножей ротора с кромками ножей статора при отсутствии углов скрещивания.

Для экспериментального подтверждения предложенных авторами теоретических положений в лаборатории кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета была проведена серия опытов, в которой размолу подвергалась сульфитная небеленая целлюлоза Енисейского ЦБК, а сам размол производился в дисковой полупромышленной мельнице при частоте вращения ротора 1 000, 1 500 и 2 000 об/мин.

Для оценки полученных результатов было приведено их сравнение с данными размола на традиционной восьмисекторной ножевой гарнитуре с углом перекрещивания ножей 45° [3].

Большой интерес вызывает исследование влияния прироста градуса помола по ШР в зависимости от времени для различных значений частоты вращения ротора (рис. 2).

Анализ данных показывает, что с увеличением частоты вращения ротора наблюдается тенденция прироста градуса помола по ШР. Та же картина характерна и для традиционной ножевой гарнитуры. Одновременно с этим нужно отметить, что прирост градуса помола для гарнитуры с ударным эффектом несколько ниже, чем для традиционной. Тот факт что для размола до определенного градуса помола на гарнитуре с ударным эффектом требуется затратить несколько большее количество времени, объясняется значительным преобладанием фибриллирующего воздействия над рубящим.

Вместе с тем размол на исследуемой гарнитуре повышает большинство физико-механических характеристик полученного продукта. Качественные зависимости имеют одинаковый характер, однако количественные показатели существенно отличаются (рис. 3). Так, например, сопротивление продавливанию у гарнитуры с ударным эффектом при 50є ШР имеет значение 355 кПа, а у рубящей – 295 кПа. Из этого следует, что гарнитура с ударным воздействием имеет более высокие показатели сопротивления продавливанию, чем традиционная.

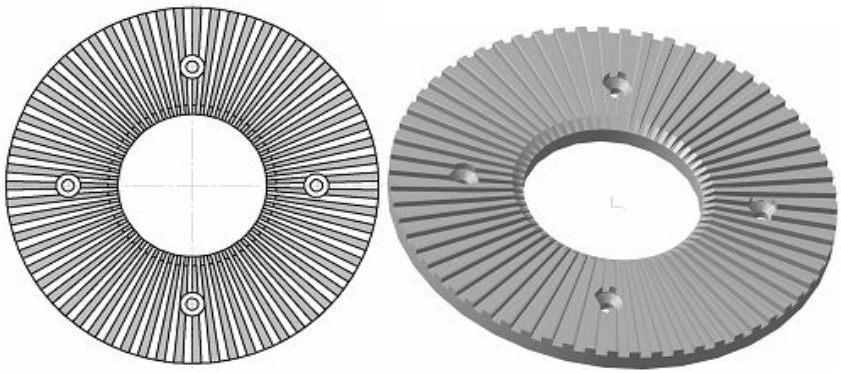


Рис. 1. Ножевая гарнитура для размола волокнистых полуфабрикатов с ударным эффектом

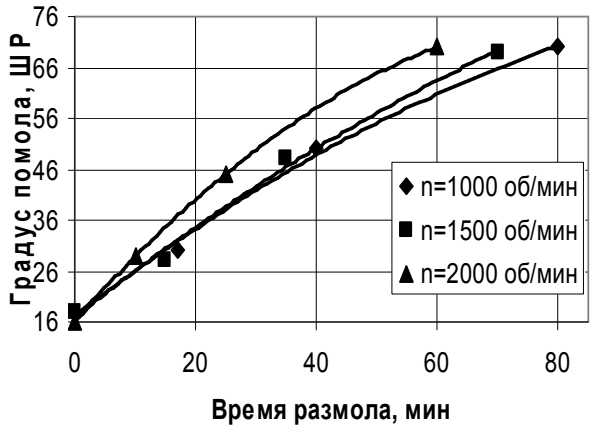


Рис. 2. Прирост градуса помола в зависимости от частоты вращения ротора

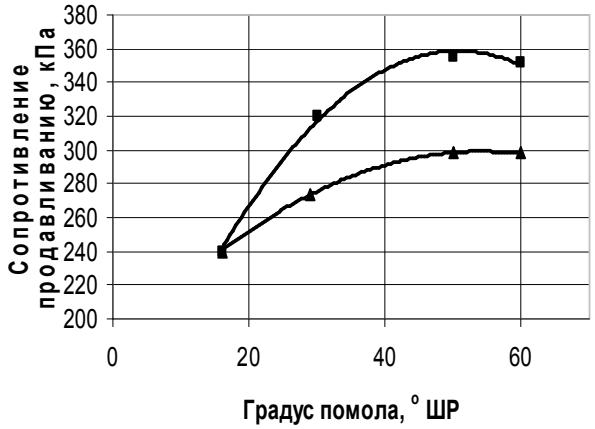


Рис. 3. Зависимость сопротивления продавливанию от градуса помола: ▲ – традиционная гарнитура; ■ – гарнитура с ударным эффектом

Аналогичная картина увеличения качественных показателей при размоле волокнистой массы на гарнитуре с ударным эффектом наблюдается для таких показателей, как разрывная длина (рис. 4) и число двойных перегибов. В частности, для гарнитуры с ударным эффектом величина разрывной длины по сравнению с традиционной гарнитурой возрастает на 16 % (см. рис. 4).

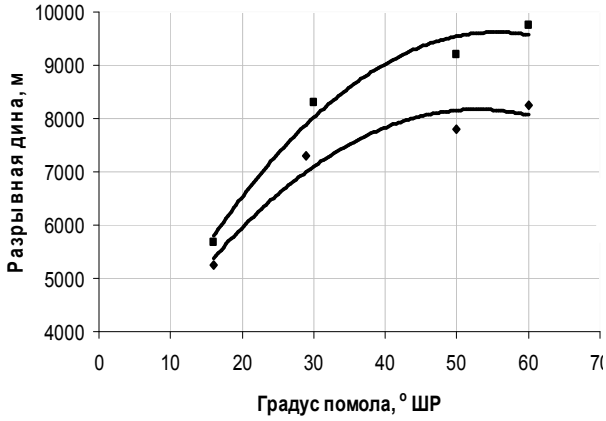


Рис. 4. Зависимость разрывной длины от градуса помола: ▲ – традиционная гарнитура; ■ – гарнитура с ударным эффектом

А фракционный состав и, следовательно, средняя длина волокна существенно влияют как на физико-механические характеристики готовых отливок, так и на их бумагообразующие свойства (рис. 5).

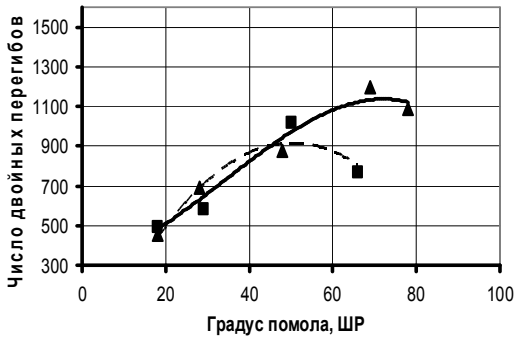


Рис. 5. Зависимость числа двойных перегибов от градуса помола: ▲ – традиционная гарнитура; ■ – гарнитура с ударным эффектом

Что касается изменения средней длины волокна от градуса помола при различных зазорах между ножами ротора и статора, то качественные зависимости для различных зазоров практически не отличаются друг от друга, а количественные показатели имеют тенденцию к снижению и носят характер, близкий к линейному (рис. 6).

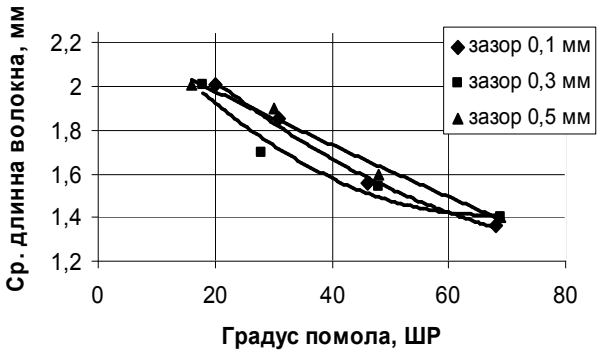


Рис. 6. Зависимость средней длины волокна от градуса помола

Таким образом, сделаем следующие выводы:

– эффект ударного воздействия, получаемый при размоле волокнистой массы в ступе, удалось перенести в конструкцию высокоскоростной дисковой мельницы, что позволит повысить качество размола волокнистой массы за счет ударного эффекта, подобного эффекту песта в ступе, и увеличить производительность размола благодаря использованию высокоскоростной современной дисковой мельницы;

– исследования подтверждают значительное повышение физико-механических характеристик бумажных отливок, улучшение бумагообразующих свойств волокнистой массы при использовании гарнитуры с ударным эффектом по сравнению с традиционной гарнитурой, используемой в дисковых мельницах.

Библиографический список

1. Алашкевич, Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах : дис. … д-ра техн. наук : опубл. 05.21.03 : защищена 14.04.87 / Ю. Д. Алашкевич. Красноярск, 1987. 376 с.

2. Лумиайнен, И. Новая теория может улучшить практику / И. Лумиайнен // Pulp and paper international. Бум. пром-сть. 1991. № 11. С. 26–28.

3. Набиева, А. А. Оценка влияния и совершенствование основных технологических параметров ножевых размалывающих машин : дис. … канд. техн. наук : опубл. 05.21.03 : защищена 14.09.04 / А. А. Набиева. Красноярск, 2004. 182 с.

4. Легоцкий, С. С. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы / С. С. Легоцкий, В. Н. Гончаров. М. : Лесн. пром-сть, 1990. 224 с.

V. A. Kozhukhov, V. I. Kovalev, J. D. Alashkevich

SHOCK EFFECT AT INFLUENCE OF KNIFE GARNITURE AS A FACTOR OF UPGRADING GRINDING

The analysis of theoretical and experimental researches in the area of fibred materials grinding by a knife method is examined.

УДК 657.372.5

В. А. Колмыков

ИНТЕГРАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрена актуальная проблема управления инновационным развитием одного из предприятий оборонно-промышленного комплекса на основе интеграции результатов прикладных исследований вуза и производства.

Последнее десятилетие было достаточно сложным периодом для машиностроительной отрасли. Объем промышленного производства в стране сократился примерно в два раза. Коэффициент использования мощностей существенно уменьшился. Капиталовложения в новые оборудование и технологии снизились в 3…5 раз. Износ основных фондов достиг 60…70 %. Все эти проблемы коснулись и ФГУП «Красноярский машиностроительный завод» («Красмашзавод»), хотя необходимо отметить, что в последние 3 года в связи со стабилизацией финансирования государственного оборонного заказа положение начало понемногу улучшаться. После успешного завершения совместных летных испытаний модернизированного ракетного комплекса с ДПЛ проекта 667БДРМ по теме «Синева» в 2004 г., «Красмашзавод» вместе с предприятиями кооперации успешно серийно выпускает и поставляет Военно-Морскому флоту серийные ракеты РСМ-54.

Для успешного развития завода в области ракетно-космической техники и технологии было бы экономически целесообразно связывать перспективы создания ракетных комплексов с использованием технологий успешно реализованных при создании ракетного комплекса по теме «Синева».

Такие проработки в настоящее время ведутся и создание технологически подобного изделия позволило бы существенно снизить стоимость производства и обеспечить его высокую надежность.

На предприятии наметилась положительная динамика увеличения объемов товарного производства ракетно-космической техники по изготовлению базовых модулей для разгонных блоков ракетносителей тяжелого класса «Протон» и «Зенит», которые ФГУП «Красмашзавод» изготавливает для Ракетно-космической корпорации (РКК) «Энергия». Процесс совершенствования конструкции и энергетических характеристик разгонных блоков осуществляется в тесном сотрудничестве с разработчиками. Так, в декабре 2006 г. будет закончена стапельная сборка первой летной машины для проекта «Наземный старт». Сложившаяся практика, совместной работы специалистов ФГУП «Красмашзавод» и РКК «Энергия» по отработке конструкции, макетированию и эталонированию позволяет осуществить своевременное изготовление первого изделия, что существенно снижает сроки и позволяет экономить ресурсы. Данный проект получил поддержку Росавиакосмоса и имеет хорошие коммерческие перспективы.

Одновременно с этим на предприятии проводится большая работа по освоению и серийному изготовлению оборудования для особо чистых материалов (поли- и монокремния, сапфира, чистых алюминия и меди). Эта тема является одним из приоритетных и перспективных направлений конверсионной программы предприятия.

Однако такие проблемы, как нехватка собственных оборотных средств, высокая стоимость доступа к кредитным ресурсам, недостаточная загрузка мощностей (малые объемы производства гражданской продукции), моральное и физическое старение активной части основных фондов, парка технологического оборудования, являются ключевыми факторами, сдерживающими экономический рост, но в то же время предопределяющими проведение инновационных изменений.

Для выхода на путь преобразований и развития необходимо решить следующие важные для предприятия задачи:

– выявить перспективные направления развития путем проведения маркетинговых исследований, особенно по рынку оборудования для Сибири и соседних регионов;

– совершенствовать организационную структуру предприятия на основе изучения существующей структурной схемы и изменений внешней среды;

повысить эффективность использования потенциала ФГУП «Красмашзавод» за счет основе диагностики технологических, экономических, финансовых и организационных возможностей предприятия, и изменений внешних факторов путем разработки и реализации мероприятий по более полному и эффективному использованию всех составляющих егопотенциала.

Инновационное развитие промышленного предприятия трудно представить без создания и внедрения новых технологий, повышающих эффективность производства, качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции и следует, что эту работу можно выполнить, если объединить вузовскую науку с заводской наукой и практикой.

Примером такой целенаправленной и эффективной работы является Центр электронно-лучевых технологий, созданный в стенах Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева (СибГАУ) при активном участии специалистов ФГУА «Красмашзавод». Специалисты Центра, территориально расположенного на заводе хорошо знают проблемы электронно-лучевой сварки (ЭЛО), как определяющего

базового процесса изготовления корпусов баллистических ракет подводных лодок (БРПЛ) и, работая на опережение создают новые, прогрессивные аппаратные средства управления сложным многофакторным процессом ЭЛС. Тесная совместная работа специалистов вуза и предприятия может быть развернута по следующим проблемным технологическим направлениям:

– созданию высоконапорных (до 140 МПа и выше) насосов и арматуры для гидро- и пневмоиспытаний узлов и агрегатов, а также для изготовления продукции производственно-технического назначения;

– модернизации гидравлических систем копировально-фрезерных станков типа ГФ на базе современной распределительно-регулирующей аппаратуры;

– созданию прецизионного оборудования для механической обработки кристаллов сверхчистых материалов (кремния, искусственного сапфира);

– разработке технологий и оборудования для электроконтактной резки высокопрочных материалов;

– разработке методов неразрушающего контроля структуры сталей и легких сплавов для определения механических свойств на различных стадиях производства;

– упрочнению поверхностного слоя материалов с целью повышения коррозионной и износостойкости, прочности, уменьшения материальных затрат при производстве продукции и изготовлении инструмента и средств технологического оснащения.

Решение перечисленных выше проблем и будет способствовать повышению технологической устойчивости предприятия.

Такая же задача поставлена Федеральным космическим агентством и в рамках целевой программы, определяющей перечень первоочередных поддерживающих технологий на период 2007–2009 гг., многие из которых актуальны и для Красноярского машиностроительного завода, например следующие:

– разработка технологий ротационной вытяжки бесшовных крупногабаритных деталей камер сгорания и корпусных деталей жидкостных ракетных двигателей БРПЛ «Синева», ракет-носителей «Протон-М», «Союз-2» и др.;

– технологии неразрушающего оперативного контроля (рентгеновского, ультразвукового, акустико-эмиссионного и т. п.) агрегатов и элементов ракет-носителей и космических аппаратов, совмещенного с прочностными испытаниями;

– конструкции и технологии изготовления корпусов, сопловых раструбов, емкостей высокого давления, криволинейных трубопроводов, стержневых конструкций ферм из полимерных и композиционных материалов;

– технологии и оборудование электронно-лучевой сварки крупногабаритных узлов и агрегатов ракетно-космической техники;

– расчетно-теоретические и экспериментальные обоснования продления сроков эксплуатации стоящих на боевом дежурстве межконтинентальных баллистических ракет.

Проведенные по всем этим темам исследования могут стать основой для создания базовых технологий для новых поколений ракет-носителей.

Проведение научно-исследовательских работ прикладного характера с непосредственным привлечением студентов в ходе учебного процесса обогатит его содержание практической работой и повысит уровень специалистов – выпускников СибГАУ.

Совместная работа по внедрению инноваций в вышеназванных направлениях поможет ФГУП «Красмашзавод» решить еще одну важнейшую задачу – омоложения кадрового состава за счет отбора и привлечения для работы на предприятии выпускников, владеющих современными технологиями управления и организации производства, и сокращения сроков адаптации молодых специалистов. А это в свою очередь позволит закрепить тенденции поступательного инновационного развития предприятия и повышения эффективности производства.

V. A. Kolmykov

INTEGRATION OF HIGH SCHOOL SCIENCE AND INDUSTRY IS AN EFFECTIVE WAY OF INNOVATIVE ENTERPRISE DEVELOPMENT

The actual problem of innovative development management of one of the defence-industrial complex enterprises on the basis of integration results of High School and industry applied researches is considered.

УДК 339.9(075.8)

В. А. Кузнецова, Л. А. Фомина

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВНЕШНЕТОРГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Результаты внешнеторговой деятельности предприятий находятся под влиянием государственного регулирования. Рассмотрена проблема оценки этого влияния.

На положение государств в сфере международной торговли существенное влияние оказывает уровень их экономического развития: высокоразвитые государства играют ведущие роли, а слаборазвитые находятся в зависимом положении. В свою очередь это накладывает отпечаток на проводимую ими политику в сфере международной торговли, призванную защищать национальные интересы. Известно, что в основе формирования внешнеторговой политики лежат два разных подхода: рыночный и протекционистский.

Провозглашая рыночную политику, рыночно-ориентированные государства воздерживаются от непосредственного влияния на внешнюю торговлю, отводя роль основного регулятора рынку. Однако в чистом виде политика свободной торговли не проводится, поскольку каждое государство оставляет за собой право использовать инструменты протекционистского характера. Так, в сложный для российской экономики переходный период в политике ряда стран проявились элементы протекционизма, инспирируемого не только отдельными товаропроизводителями, но и определенными властными кругами, опасающимися возможной конкуренции экономически сильной России и поэтому достаточно откровенно выступающими за применение под разными предлогами в отношении нашей страны политики двойного стандарта.

Применяемые ведущими промышленно развитыми странами меры по защите внутренней экономики и интересов деловых кругов (в том числе административные) по жесткости значительно превосходят российские. Законодательство этих стран продолжает характеризовать Россию как государство с нерыночной экономикой, в отношении которой следует предпринимать особые меры.

Такая политика, проводимая правительствами ряда западных стран, позволяет под различными предлогами создавать препятствия на пути российского экспорта, причем даже в отношении сырьевых товаров, затрагивая интересы отечественных производителей. Что касается экспорта высокотехнологичной продукции и услуг, то на Россию оказывается давление даже в случае ее попыток выйти на рынки развивающихся стран.

Можно привести следующие примеры ущемления интересов российских экспортеров:

– применение антидемпинговых мер на основе дискриминационных положений национального законодательства, позволяющих игнорировать конкурентные преимущества России (против российских товаров действует свыше 20 таких мер: в США они распространяются на поставки урана, ферросилиция, карбамида; в странах ЕС – хлоркалия, чугуна, изобутанола, карбида кремния и др.);

– затрудненный доступ на рынки товаров и услуг высоких технологий, где Россия имеет очевидные конкурентные преимущества (космические запуски коммерческих грузов российскими носителями, ядерные технологии);

– ограничения доступа России к передовым технологиям на основе национальных списков товаров «двойного назначения»;

– использование стандартов и технических барьеров, процедур испытаний и сертификации, которые усложняют, а в ряде случаев делают невозможным экспорт российских товаров (гражданской авиатехники, пушнины – в страны ЕС).

Ответные меры, предпринимаемые российским правительством, оказались адекватными, поскольку были введены серьезные изменения в законодательное регулирование внешнеторговой деятельности предприятий, учитывающие в первую очередь интересы экспортеров (табл. 1).

По данным таблицы видно, что курс на либерализацию, осуществляемый российским правительством в области ВТД за анализируемый период коснулся, прежде всего, экспорта. Для предприятий-экспортеров существенным изменением явилось освобождение от уплаты НДС. С одной стороны, экспорт становится привлекательным в части экономии налоговых платежей для предприятий-посредников, с другой – производители экспортной продукции остаются в неравном положении на внешнем рынке, несут потери. Негативным моментом в этой связи является увеличение «лжеэкспорта», в отношении которого государство разрабатывает ответные меры – ужесточение процедур подтверждения экспорта и получения льгот (использует нетарифные барьеры). При этом, как показала практика, нетарифные методы при ограничении вывоза сырья оказались

более действенными, чем меры, направленные на стимулирование экспорта товаров, продукции, услуг. В целом период 90-х гг. характеризуется увеличением экспортной квоты до 40 % в конце 2000 г. (против 7 % в начале 1990 г.). Важным итогом в развитии внешнеторговых связей страны явилось устойчивое положительное сальдо торгового баланса, достигнутое преимущественно за счет резкого сокращения так называемого централизованного импорта и увеличения экспорта сырьевых товаров. За 1992–2005 гг. товарооборот России возрос с 96,8 до 231,1 млрд долл. Удельный же вес России в международной торговле сократился с 2,5 % (без учета товарообмена с республиками бывшего СССР) в начале 90-х гг. примерно до 1 % в настоящее время. Ожидается, что вступление России в ВТО позволит решить ряд проблем в данной сфере.

Попробуем оценить результаты присоединения России к ВТО на примере разных отраслей экономики, поскольку в данный момент все они находятся в неравных конкурентных условиях и последствия для них будут неодинаковы (табл. 2).

Таблица 1

Влияние изменения законодательства на характер внешнеторговой деятельности предприятий

Введение новых инструментов государственного регулирования ВТД предприятий	Период действия	Влияние на экспорт	Влияние на импорт
Снятие ограничений на экспорт готовой продукции (при сохранении жестких количественных и тарифных ограничений на вывоз топливно-сырьевых товаров)	1991 – 1-е полугодие 1992 г.	+	–
Обязательная продажа валютной выручки: по специальному курсу – 40 %, по рыночному – 10 %		+	–
Отсутствие ограничений на импорт		–	+
Установление особого порядка экспорта важнейших сырьевых товаров (контроль 70 % российского экспорта)	2-е полугодие 1992 г.	+	–
Использование преимущественно тарифных методов регулирования при снижающейся доле количественных ограничений (экспорта и импорта)	1993–1995 г.	+	+
Снижение ставок экспортных пошлин на 50 %, сокращение вдвое перечня облагаемых ими товаров		+	–
Освобождение от уплаты НДС экспортируемых товаров		+	–
Отмена квотирования экспорта		+	–
Ликвидация института спецэкспортеров (прекращение экспортных поставок для федеральных государственных нужд)		+	–
Повышение уровня импортных пошлин, введение комбинированных ставок в новом тарифе		–	+
Утверждение Федеральной программы развития экспорта	1996–1997 г.	–	–
Реализация соглашений между Россией и ЕС (например, с 1.07.1998 отменен антидемпинговый приказа в отношении российской титановой губки)	1998 г.	+	–
Изменение порядка продажи валютной выручки	1999 г.	+	–
Введение экспортных пошлин на нефтепродукты и сырьевые товары		+	–
Отмена режима внутреннего толлинга	2000 – настоящее время	+	–
Приведение законодательства Российской Федерации в соответствие с нормами ВТО		+	+

Таблица 2

Отраслевые последствия присоединения к ВТО для отдельных секторов российской экономики

Сектор российской экономики	Отраслевые последствия присоединения к ВТО
Высоко-технологичные отрасли	Вариантны в зависимости от степени поощрения технического прогресса в стране
Пищевая промышленность	Пока не способна насытить рынок, обострение импортной конкуренции
Мебельная промышленность	Вступила в конкурентную борьбу с зарубежными фирмами. Важен каждый процент защитного тарифа
Фармацевтическая промышленность	Обострение конкуренции, но потребитель может выиграть на качестве импорта
Металлургическая промышленность	Конкурентоспособность будет зависеть от цен на товары и услуги естественных монополий
Химическая промышленность	Обострение конкуренции по малотоннажным химикатам, автомаслам и косметике
Авто- и авиапромышленность	Смогут «выжить» только при господдержке
Транспорт	Сохранение конкурентной среды
Связь и информатика	Обострение конкуренции, в результате чего выиграет потребитель
Торговля	Сохранение ситуации в оптовом звене. В розничной торговле – наступление зарубежных супермаркетов
Наука	ВТО мало что изменит. Главные проблемы: недофинансирование, «утечка умов»
Финансовые организации	Смогут выжить лишь при господдержке, но потребитель выиграет от конкуренции

Согласно табл. 2 видим, что вступление в ВТО в целом не приведет к сколько-нибудь масштабным изменениям в большинстве отраслей отечественной промышленности. В то же время оно может серьезно отразиться на результатах деятельности предприятий отдельных отраслей. Как свидетельствует международный опыт, наряду с либерализацией ВТД может возникнуть потребность в ужесточении политики государственного регулирования, а именно, в применении широкого спектра нетарифных методов при существенном ограничении тарифов.

В случае сохранения в ходе переговоров первоначальных ставок связывания (обеспечивающих согласование интересов сторон в период присоединения к ВТО), заявленных в российском переговорном оффере, возможен импортозамещающий рост производства, например, обуви (1,3 %), одежды (1,6 %), телевизоров (1,7 %) ликероводочной продукции (11,6 %), мяса птицы (12,4 %), виноградных вин (25 %) и т. д. Кроме того, защита отечественного производителя предполагает создание условий, реализующих интересы российского потребителя, заинтересованного в появлении на рынке более дешевых и разнообразных товаров. С другой – со вступлением в ВТО могут появиться серьезные проблемы в пищевой, вкусовой, мебельной, фармацевтической, металлургической, химической, автомобильной, авиационной и ряде других отраслях промышленности. Присоединение к ВТО обещает быть противоречивым для **высокотехнологичных отраслей** промышленности. Замедление темпов технического развития в стране снизило долю их продукции в российском экспорте до 1 %, а в мировом – до ничтожной величины, что делает их весьма слабыми конкурентами в рамках ВТО. В то же время подобное участие в этой организации позволит выйти на такие рынки многим странам, в том числе развивающимся, которые ранее вообще не имели научного потенциала. Учитывая специфические условия России, эффект от вступления в ВТО будет вариантным в зависимости от того, в какой степени в экономике страны будет востребована еще сохранившаяся отечественная наука и как Россия сможет воспользоваться механизмами государственного стимулирования инноваций, разрешенными ВТО.

Отечественная **пищевая** промышленность пока неспособна насытить отечественный рынок, прежде всего мясными и молочными продуктами, сахаром и растительным маслом, а ее крупнейшие перерабатывающие предприятия, как правило, свою продукцию импортируют. Значения импортных пошлин (тарифные методы), на которых настаивают основные зарубежные поставщики продовольствия на переговорах в ВТО, пока заметно ниже заявленных Россией. Однако ключе-

вым здесь является вопрос не о пошлинах, а о тех допускаемых ВТО объемах государственной поддержки сельского хозяйства (нетарифные методы), которые в России пока на порядок ниже, чем в ЕС или США, хотя отечественные аграрии работают в менее благоприятных климатических условиях. При запрошенных для поддержки в 13 млрд долл. в год реальные бюджетные ассигнования на эти цели не превысят 1 млрд долл., что вряд ли удовлетворит партнеров. Поэтому разрешение данного вопроса следует искать не в Женеве, а скорее внутри страны.

Отечественная **мебельная** промышленность активно осваивает внутренний рынок, и для нее важен каждый процент импортного тарифа. Судя по ходу переговоров, первоначально названные Россией ставки связывания вряд ли удастся удержать, и потому следует ожидать обострения иностранной конкуренции на данном рынке.

Столь же активна российская **фармацевтика**, увеличившая свою долю на рынке с 30 % в 1997 г. до 50 % в 2001 г. Ее предприятия ставят задачу довести эту долю до 70 %, но на переговорах заявленные Россией исходные ставки связывания (тарифные методы), видимо, придется снижать. Это обострит конкуренцию, однако российский потребитель может от этого выиграть, так как многие отечественные аналоги лекарств (например, инсулина) по качеству уступают зарубежным.

Конкурентоспособность отечественной **металлургии** как на внешнем, так и на внутреннем рынке будет зависеть прежде всего не от ВТО, а от цен на товары и услуги естественных монополий. Металлургия окажется одной из первых в выигрыше от возможного пересмотра в ВТО антидемпинговых санкций на её продукцию.

В **химии** даже при сохранении заявленных ставок связывания возможно обострение конкуренции в производстве малотоннажных продуктов, лаков, красок, отделочных материалов, что ставит перед отраслью серьезные проблемы, усугубляющиеся сохраняющейся недогрузкой многих её предприятий. Можно ожидать «войны цен» на рынке моторных масел и автокосметики, который российские нефтяные компании активно отвоевывают ныне у иностранных поставщиков, так как правительство предприняло очередную попытку реорганизации отечественного **автостроения** за счет роста пошлин и привлечения иностранного капитала. Эти меры выходят за рамки заявленных Россией предложений и могут не получить согласия ВТО.

Проблемой отечественного **авиастроения** является отсутствие внутреннего рынка, без которого невозможно наладить серийный выпуск новых моделей (исходный объем их заказов должен составлять не менее 100 машин). Кроме того, партнеры России настаивают на присоединении ее к необязательному Соглашению ВТО по авиатехнике, которое устанавливает нулевые ставки импортных пошлин на эту продукцию, а также вводит ограничения на шумовые параметры (нетарифные методы), под которые подпадает 80 % действующего гражданского авиапарка. Очевидно, что если в этой отрасли не восстановить госзаказа или эквивалентных ему мер, перед российским гражданским авиастроением, включая составляющие его градообразующие предприятия, возникнет (и при, и без ВТО) проблема выживания.

Последствия для сферы услуг. Отсутствие статистической и методологической базы не позволяет выполнить каких-либо количественных измерений последствий вступления России в ВТО в сфере услуг. На практике все российские рынки услуг уступают зарубежным по любым стандартам, и динамика их роста будет зависеть не столько от ВТО, сколько от притока в них отечественного и иностранного капитала. По отдельным сферам услуг сложилось следующее положение.

Транспорт. Вступление в ВТО ничем не грозит железнодорожному и трубопроводному транспорту страны. Главная проблема морского транспорта состоит в нехватке тоннажа и уходе судов под «удобные флаги». В результате отечественный флот перевозит ныне лишь 6 % внешнеторговых грузов. Грузовой автотранспорт и авиатранспорт и без ВТО работают (особенно в международных перевозках) в условиях жесткой конкуренции и на импортных моделях машин. Вступление в ВТО мало изменит ситуацию на этих рынках, хотя может стимулировать транзитные потоки грузов и пассажиров через территорию страны.

Связь. Отставание России в научно-техническом прогрессе обусловило ее слабость на его передовых направлениях – связи и информатике. Их развитие поддерживается в основном притоком иностранных инвестиций, которые контролируют 44 % объема услуг связи. Присоединение России к ВТО явится лишь стимулом к дальнейшему притоку капитала, и российский потребитель от этого выиграет. Можно ожидать от ВТО содействия в создании более благоприятных условий для осуществления коммерческих космических запусков, в том числе спутников связи.

Торговля. Российский капитал является почти монопольным (99,7 %) в оптовом звене, однако в розничном его активно теснят сети иностранных магазинов («Рамстор», «Метро» и т. п.). Эти процессы продолжатся, по крайней мере, в крупных городах, в том числе под влиянием ВТО.

В науке и научном обслуживании при 4%-й доле иностранного капитала главной проблемой является ее недофинансирование и отток кадров за рубеж. Вступление в ВТО мало что изменит. Наиболее заметно иностранное присутствие (49 % объема услуг) в так называемых **«рыночных услугах»** (в том числе реклама, аудит, менеджмент), что закономерно ввиду их прежнего отсутствия в России. Однако российский бизнес накопил в этой сфере определенный потенциал конкурентоспособности и может противостоять дальнейшему сужению емкости отечественного рынка.

Сложная ситуация складывается на рынках **финансовых услуг**, российские провайдеры которых требуют для себя специальной защиты, хотя иностранный банковский капитал пока неактивен в освоении этого российского рынка. В то же время в перспективе ситуация может измениться. Что же касается отечественного страхования, то оно в его нынешнем не сложившемся виде может быть подорвано конкуренцией по правилам ВТО. В целом возможные выгоды и потери от присоединения к ВТО в сфере услуг балансируются, и ситуация на рынке будет зависеть от того, как быстро обретут конкурентоспособность отечественные провайдеры.

Необходимо отметить, что анализ последствий вступления России в ВТО проведен на макроуровне, результаты деятельности конкретного предприятия оценить не представляется возможным. Существующие методы оценки ВТД не позволяют проанализировать влияние изменений в законодательной сфере в период реформ на внешнеторговую деятельность предприятия.

Среди основных мер, предусмотренных в области ВТД (некоторые уже приняты), необходимо выделить программы развития экспорта, системы кредитования и страхования экспорта, разработку процедур введения защитных мер, отвечающим правилам и нормам ВТО, снижение экспортных контрактов и валютного контроля, введения на этой базе единой государственной системы внешнеторгового и валютного контроля и учета. Вопросы оценки влияния таких мер на ВТД предприятий в этой связи приобретают особое значение.

Вместе с тем уже сейчас становится ясно, что вышеперечисленные пункты программы отнюдь не обеспечивают реализацию всего комплекса задач, стоящих перед ВТД на современном этапе. Они лишь намечают основные пути начала движения. Конкретные механизмы пока лишь обозначаются. В случае же их оптимальной отработки ВТД может стать реальным, весомым фактором структурной перестройки российской экономики, восстановления и роста ее производственного потенциала. Объективный процесс интернационализации современного мирового хозяйства требует нового уровня многосторонних экономических взаимоотношений, поэтому изучение различных аспектов и форм внешнеторговой деятельности предприятий России представляет особую актуальность.

Особенности России, в частности – короткий период рыночных преобразований наряду с невысоким уровнем ее экономического развития, накладывает отпечаток на внешнеторговую политику. В целом для нее характерно увлечение административными методами государственного регулирования с преобладанием нетарифных барьеров, применение которых зачастую ставит в невыгодное положение многих участников ВТД, поскольку последствия сказываются быстро, но сложно предвидеть их заранее, чтобы предпринять какие-то превентивные меры. Поэтому, на наш взгляд, представляется актуальной проблема оценки влияния государственного регулирования на внешнеторговую деятельность предприятий, которая в настоящее время недостаточно исследована. Разработка соответствующей методики поможет предприятиям, занятым во внешнеторговом бизнесе, своевременно реагировать на изменяющиеся условия.

V. A. Kuznetsova, L. A. Fomina

STATE REGULATION OF ENTERPRISES FOREIGN TRADE ACTIVITY

The results of enterprises foreign trade are under the state regulation influence. The problem of its influence valuing is considered.

УДК 676.1.054.1

Р. А. Марченко, Ю. Д. Алашкевич, Н. С. Решетова

БЕЗНОЖЕВАЯ ОБРАБОТКА ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНОЙ ПРЕГРАДЫ

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса размола волокнистых материалов безножевым способом. Рассмотрено влияние изменения числа лопаток рабочего колеса турбины на процесс гидродинамического размола волокнистых материалов.

Особое место в технологии получения бумажной продукции занимает размол волокнистых материалов, так как он определяет многие физические и эстетические свойства готовой бумаги, способствует развитию в волокнах способности связываться между собой в прочный бумажный лист, являясь при этом наиболее энергоемким технологическим процессом.

В производстве многих видов бумаги одной из основных задач, наряду со снижением энергозатрат и уменьшением загрязнения окружающей среды, является улучшение качественных показателей готовой продукции, в том числе повышение механической прочности, что позволяет снизить массу 1 м^2 продукции и ведет к экономии полуфабрикатов.

Механическая прочность – это одно из основных свойств большинства видов бумаги, зависящее от ряда переменных факторов:

– сил сцепления волокон между собой в готовой бумаге и площади поверхности, на которой действуют эти силы;

– прочности самих волокон, их гибкости и размеров;

– расположения волокон в бумаге (ориентация, плотность укладки).

Таким образом, оказывая влияние на эти факторы, можно изменить прочностные характеристики бумажного листа.

С целью интенсификации размола исследователи изучают и совершенствуют различные принципы обработки волокнистых материалов: традиционный ножевой, использующий рубку волокон, нетрадиционный безножевой, основанный на фибриллировании волокон без существенного укорочения, разрабатывают аппараты, воздействующие на волокнистый материал посредством сжатия и сдвига, энергии микроволн, радиационного и магнитного полей и др.

Волокнистые полуфабрикаты, обработанные способами, исключающими ножевое воздействие на волокно, имеют более высокие прочностные показатели. Поэтому наряду с усовершенствованием ножевых машин необходимо более активно изучать и внедрять безножевые методы обработки.

Многочисленные исследования процесса размола волокнистых материалов, проведенные как у нас в стране, так и за рубежом, до сих пор не могут дать полного описания механизма этого процесса, так как в размалывающих машинах и при ножевом, и при безножевом воздействии на волокно присутствуют сложные механические воздействия и гидродинамические явления.

Определение оптимальных условий процесса разработки волокнистой суспензии для получения бумаги высокого качества целесообразнее проводить на безножевых аппаратах типа «струя–преграда», так как бумага, полученная из волокнистых материалов, предварительно подвергшихся размолу безножевым способом, оказывается значительно прочнее бумаги из волокон ножевого размола [1]. Но все аппараты такого рода имеют один существенный недостаток, не позволяющий им найти широкого применения в промышленности, большой расход электроэнергии, который на порядок и более превосходит традиционные ножевые способы размола. Основной причиной этого является недостаточная изученность механизма разработки волокон в безножевых аппаратах и, следовательно, невозможность оптимизации данного процесса.

Количественный анализ силовых воздействий на волокно при обработке волокнистой массы в безножевой установке: усилий от касательных напряжений сдвига при протекании суспензии через отверстие насадки, сил лобового удара струи о преграду и сил растекания суспензии по преграде – показывает, что этих воздействий для разрушения волокна недостаточно. Но, тем не менее, разрушение волокон при обработке в таких установках все равно происходит.

Этот вопрос более подробно был рассмотрен Ю. Д. Алашкевичем. По его мнению, основным разрушающим эффектом в данном случае является эффект кавитации, возникающий в момент контакта струи жидкости с преградой [2]. Этот эффект зависит от скорости и характера распределения струи, а также от формы и характера преграды.

Качественные показатели размалываемой массы существенно зависят от следующих конструктивных и технологических параметров экспериментальной установки: скорости истечения струи, диаметра насадки, угла конусности внутреннего

сечения насадки, расстояния от насадки до преграды.

Рассмотрим их более подробно. В работах [3; 4; 5; 6] показано, что скорость истечения струи значительно влияет на силу удара струи о преграду и величину касательных напряжений сдвига, возникающих при растекании струи по преграде. Несмотря на то что эти силы не велики и не могут обеспечить разработку суспензии, скорость истечения струи тем не менее оказывает существенное влияние на волновой характер движения струи, который в свою очередь определяет эффект ультразвуковой кавитации в месте контакта струи с преградой. При этом интенсивность размола возрастает с повышением скорости истечения струи. Характер воздействия струи на вращающуюся преграду, как и на неподвижную стенку, одинаков [7]. На эффект взаимодействия струи с преградой, движущейся перпендикулярно направлению оси струи, может оказать влияние только слой жидкости, остающийся на ее поверхности в промежутках между ударами струи.

При исследовании истечения струи из насадки с высокими скоростями в [3; 8] было отмечено, что форма и состояние ее внутренней поверхности играют важную роль в процессе формирования струи. В работах [9; 10] найдены оптимальные формы насадок с углом конусности 12 и 30^0, изготовленных из нержавеющей стали Х12Н10Т и имеющих после конической части цилиндрическую, длина которой равна двум диаметрам. Оптимальным расстоянием от насадки до преграды считается расстояние от 0,1 до 0,4 м, диаметры насадок от 0,001 5 до 0,004 м [9; 10].

Ряд авторов [7; 9; 10] указывают, что при взаимодействии струи с подвижной и неподвижной преградами на поверхности раздела двух сред возникают волны сжатия и образуются местные чередующиеся высокие ударные давления, воздействующие в очень короткий период, которые обусловливают возникновение ультразвуковой кавитации, которая в свою очередь является определяющим фактором в обработке волокна.

В лаборатории кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета были проведены исследования по изучению механизма размола волокнистых материалов с использованием комбинированной установки типа «струя–преграда», включающей два способа размола – ножевой и безножевой (рис. 1). Это позволяет регулировать долю применения каждого способа и таким образом обеспечивать необходимое качество обработки волокна.

Для отделения безножевого способа размола воздействие ножевой гарнитуры в установке можно обеспечить двумя способами: с неподвижной и подвижной преградой. При первом способе ротор ножевой гарнитуры установки оставляют неподвижным. При втором способе максимальный зазор между ножами ротора и статора (0,001 м) устанавливается таким образом, что ножевая часть мельницы не влияет на интенсивность размола.

Одной из задач исследования было изучение влияния количества лопаток подвижной преграды на процесс размола. В качестве рабочей жидкости использовалась целлюлозная масса концентрацией 2 %, а в качестве подвижной преграды – турбина с различным количеством лопаток (рис. 2). Работа проводилась при скорости истечения струи суспензии 115,4 м/с, диаметре насадки 0,002 м и расстоянии от насадки до преграды 0,1 м.

Чтобы сравнить качество размола волокнистой массы, получаемой при использовании рабочего колеса с различным числом лопастей преграды, определялись время размола, бумагообразующие показатели разработанной массы и физико-механические показатели готовых отливок.

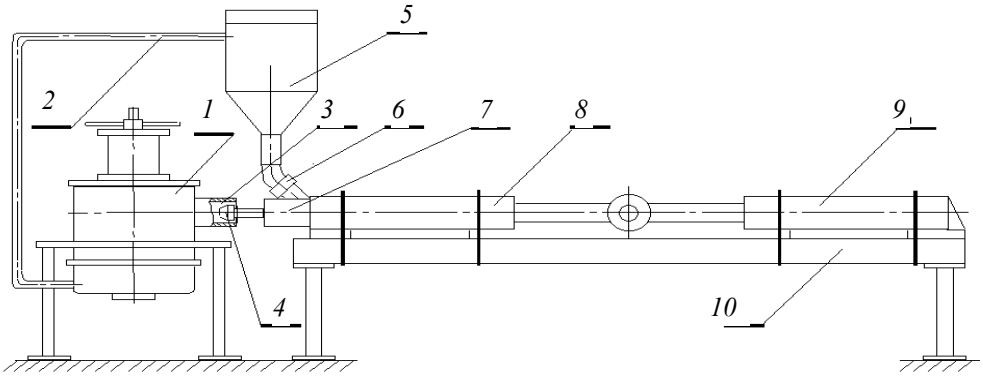


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* – камера гидродинамического размола; *2* – трубопровод возврата; *3* – раструб; *4* – насадка; *5* – емкость; *6* – всасывающий клапан; *7* – выпускной клапан; *8* – рабочий цилиндр; *9* – приводной цилиндр; *10* – рама

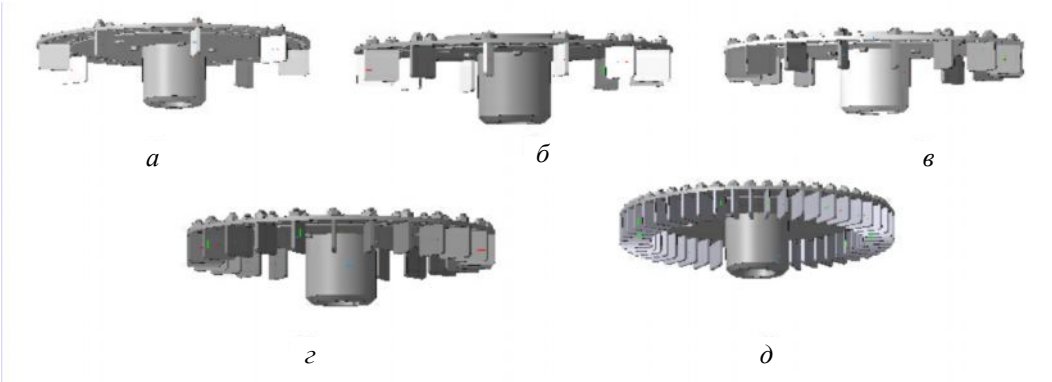


Рис. 2. Рабочее колесо турбины с различным количеством лопаток: *а* – 8 лопаток; *б* – 12 лопаток; *в* – 16 лопаток; *г* – 24 лопатки; *д* – 48 лопаток

На основании экспериментальных данных был построен график зависимости влияния числа лопаток турбины на время обработки волокнистой суспензии (рис. 3). Увеличение числа лопаток преграды до определенного момента снижает время обработки волокнистой суспензии, а затем время обработки опять растет. Это можно объяснить тем, что с увеличением числа лопаток преграды увеличивается число оборотов турбины и, как следствие, возрастает число контактов струи суспензии с лопатками, что в свою очередь повышает кавитационный эффект и уменьшает времени размола. Однако при увеличении числа лопастей до 48 и более происходит перекрывание лопастей друг другом, что приводит к затоплению струи, величина силы удара струи о преграду сводится к минимуму, резко снижая прирост градуса помола.

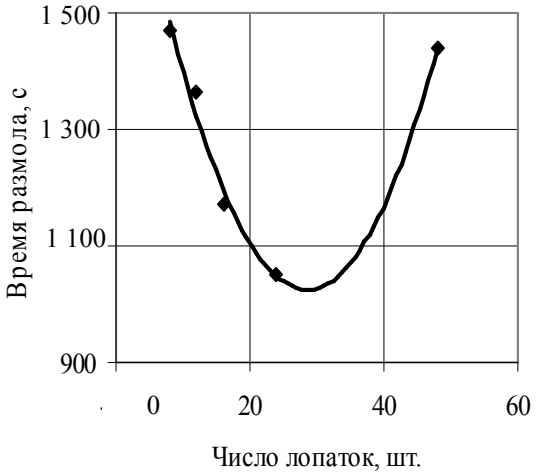


Рис. 3. Влияние числа лопаток турбины на время обработки волокнистой суспензии до градуса помола 50^0 ШР

О качестве разработанной бумажной массы судят в основном по степени ее помола и средней длине волокна. Именно эти показатели являются определяющими в контроле процесса размола. По полученным данным следует, что показатели средней длины волокна при размоле турбиной с 24 лопатками выше, чем при размоле турбиной с меньшим числом лопастей (рис. 4). Например, при градусе помола 50^0 ШР средняя длина волокна целлюлозы при наличии на рабочем колесе 8 лопаток составляет 1,26 мм, при 12 лопатках – 1,3 мм, при 16 лопатках – 1,39 мм, при 24 лопатках – 1,53 мм, а при 48 лопатках – 1,21.

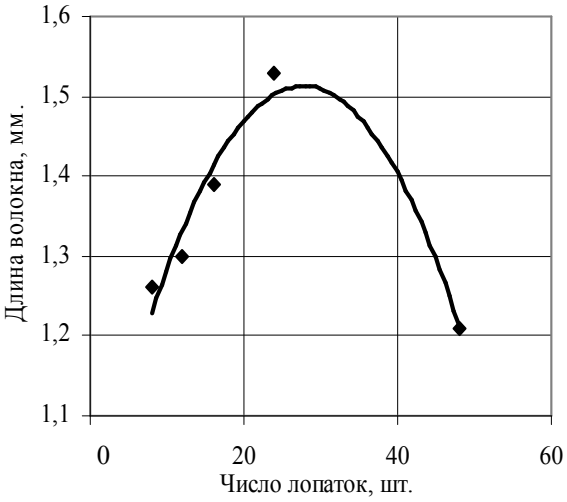
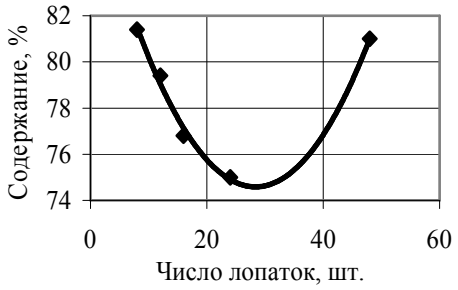


Рис. 4. Влияние числа лопаток турбины на длину волокна

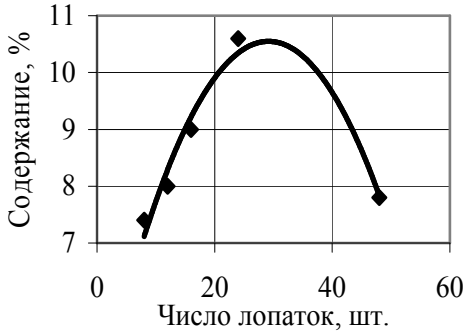
Важным показателем качества разработанной волокнистой массы является фракционный состав. Многие исследователи считают, что изменяя фракционный состав полуфабрикатов, можно влиять на прочностные свойства готовой бумаги, а фракционирование является методом, который может характеризовать свойства волокнистой массы, т. е. качество, значительно полнее, чем другие методы, применяемые при производственном контроле. В соответствии с ГОСТом, основное содержание размолотой волокнистой суспензии составляет крупная фракция (72–83 %), но должно содержаться и определенное количество средней (9...12 %) и мелкой (3...8 %) фракции, которое служит для заполнения пространства между крупной фракцией при формовании бумажного листа на сетке бумагоделательной машины. Если содержание средней и мелкой фракции будет меньше, то бумажный лист по своей структуре получится неоднородным, облачным.

По экспериментальным данным были построены графики зависимостей содержания раз-

ных фракций при различном числе лопаток турбины (рис. 5). Турбина с 24 лопатками обеспечивает получение целлюлозной массы с содержанием фракций, соответствующих требованиям ГОСТа: крупной – 75 %, средней – 10,6 % и мелкой – 3,4 %. Масса, разработанная турбинами с 8 и 48 лопатками, имеет очень низкое содержание мелкой и средней фракции, что крайне отрицательно влияет на физико-механические свойства готовых отливок. Следовательно, для получения более качественной бумажной продукции целесообразно применение подвижной преграды с установкой на ней 24 лопастей.



а



б

в

Рис. 5. Влияние числа лопаток турбины на фракционный состав волокнистой суспензии с градусом помола 50^0 ШР: *а* – крупная фракция; *б* – средняя фракция; *в* – мелкая фракция

Еще одним важным параметром качества разработанной волокнистой массы является водоудерживающая способность. Этот показатель характеризует степень набухания и гидратации волокон при размоле, т. е. способность волокон к образованию межволоконных связей для получения более прочной бумаги.

При увеличении числа лопаток водоудерживающая способность растет, достигая самого высокого уровня при 24 лопатках, но при 48 лопатках она резко ухудшается (рис. 6). Это объясняется тем, что при размоле на 48 лопатках волокно менее фибриллировано и содержит недостаточное количество мелкой и средней фракции, а значит, его межволоконные силы связи слабы.

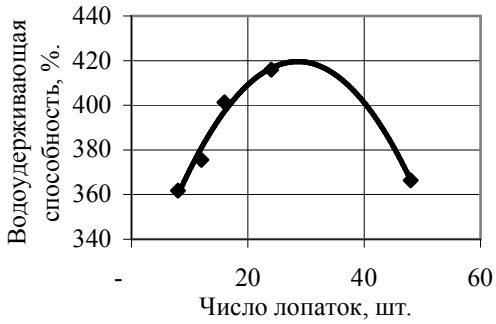


Рис. 6. Влияние числа лопаток турбины на водоудерживающую способность волокнистой суспензии при размоле до градуса помола 50^0 ШР

Кроме выявления бумагообразующих показателей разработанной волокнистой массы, в задачу исследований входило определение физико-механических характеристик бумажных отливок. Это позволило рассмотреть вопрос о воздействий различного количества лопастей турбины на гидродинамической размол волокнистых материалов, более широко.

Перед испытанием механических свойств бумаги и картона образцы кондиционировали в стандартных атмосферных условиях. Испытания проводили в таких же условиях.

Одним из важнейших показателей качества бумаги является показатель сопротивления бумаги или картона разрыву. На основании экспериментальных данных был построен график зависимости разрывной длины от числа лопаток (рис. 7). И в этом случае наилучшие показатели наблюдаются у турбины с 24 лопатками.

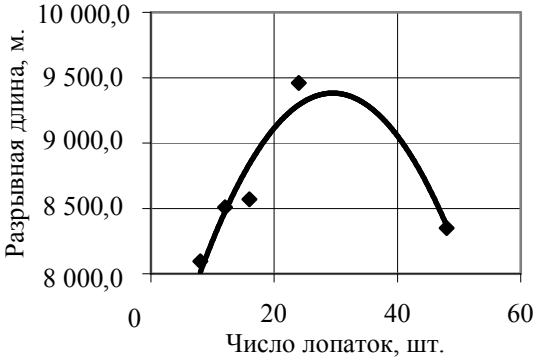


Рис. 7. Влияние числа лопаток турбины на разрывную длину бумажных отливок при размоле до градуса помола 50^0 ШР

Другой экспериментально определяемой физико-мханической характеристикой является величина сопротивления продавливанию, зависящая от длины волокон, из которых изготовлена отливка, а также от силы межволоконных связей (рис. 8). Отливка, изготовленная из длинных волокон, отличается большей величиной сопротивления продавливанию. С увеличением степени помола бумажной массы в отливке растут силы связи между волокнами, одновременно увеличивается и сопротивление продавливанию, что подтверждается опытными данными. Как и во всех других случаях, наилучшие показатели наблюдаются у турбины с 24 лопатками.

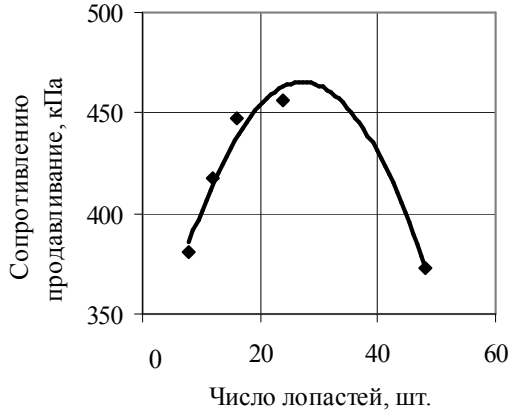


Рис. 8. Влияния числа лопаток турбины на сопротивление продавливанию бумажных отливок

Таким образом, сделаем следующие выводы:

– из рассмотренных в данной статье конструкций турбин гидродинамической установки с 8, 12, 16, 24 и 48 лопатками наиболее интенсивный прирост градуса помола, лучшие бумагообразующие свойства разработанной массы (фракционный состав, длина волокна и водоудерживающая способность) и физико-механические характеристики бумажных отливок (разрывная длина, сопротивление продавливанию) дает применение турбины с 24 лопатками;

– использование турбины с 24 лопатками, наряду с улучшением указанных выше параметров работы установки, снижает затраты электроэнергии за счет уменьшения времени обработки волокнистой суспензии до определенных стандартом параметров.

Библиографический список

1. Машины для получения и размола волокнистой массы : учеб. пособие / Ю. Д Алашкевич, В. П. Барановский, Ф. И. Мицкевич и др. Красноярск, 1980. 131 с.

2. Алашкевич, Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размалывающих машинах : дис. … д-ра техн. наук : 05.21.03 : защищена 14.04.87 / Ю. Д. Алашкевич. Красноярск, 1987. 376 с.

3. Верещагин, Л. Ф. Некоторые исследования струи воды, вытекающей из сопла под давлением до 2000 атмосфер / Л. Ф. Верещагин, А. А. Семерчан, Ф. М. Филер // Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук. 1957. № 1. С. 57–60.

4. Асатур, К. Г. Гидравлический расчет гидроотбойки горных пород / К. Г. Асатур // Изв. вузов. Горн. журн. 1963. № 7. С. 23–28.

5. Тавырин, Н. П. Исследование гидромониторных струй / Н. П. Тавырин // Изв. АН СССР. Отд-ние тех. наук. 1939. № 7. С. 25–44.

6. Куклин, И. С. О давлении гидромониторной струи на плоскую преграду / И. С. Куклин, Г. С. Куликов, А. В. Падучева // Тр. АН СССР, Ин-те горн. дела, Ур. фил, Свердловск. 1962. Вып. 3. С. 87–90.

7. Канавеллис, Р. Струйный удар и кавитационное разрушение / Р. Канавеллис // Теоретические основы инженерных расчетов. М., 1968. Т. 90. № 3. С. 39–48.

8. Никонов, Г. П. Исследование динамики и структуры тонких струй воды давлением до 500 атмосфер / Г. П. Никонов, С. С. Шавловский, В. Ф. Хныкин ; АН СССР, Ин-та гор. дела им. А. А. Скочинского. М., 1969. 38 с.

9. Шемякин, Э. В. Исследование механизмов размола целлюлозных волокон в безножевых машинах : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.05 : защищена 10.06.73 / Э. В. Шемякин. М., 1974. 156 с.

10. Васютин, В. Г. Интенсификация процесса комбинированного размола : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.03 : защищена 12.03.88 / В. Г. Васютин. Красноярск, 1988. 165 с.

R. A. Marchenko, Ju. D. Alashkevich, N. S. Reshetova

NON-BLADE PROCESSING OF FIBRED SUSPENSE USING THE OF MOBILE BARRIER

It is presented the results of experimental researches of fibred materials grinding process non-blade. It is considered influence of changing the number of shoulder-blades of driving wheel of turbine on the process of the hydrodynamic grinding of fibred materials.

УДК 550.382.3

А. В. Машуков, В. В. Онуфриенок

МАГНИТНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ МИНЕРАЛАХ ТИПА ПИРРОТИНА

Исследовано изменение намагниченности нестехиометрических пирротинов в зависимости от концентрации вакансий в их структуре. В рамках модели четырехподрешеточного ферримагнетика впервые дано теоретическое описание магнитных превращений в нестехиометрических ферримагнетиках. Для объяснения эффекта упорядочения вакансий применен метод вторичного квантования, причем операторы соответствовали квантовой статистике Паули. Расчеты проведены с учетом взаимодействия между катионными вакансиями. Отмечено, что появление вакансионного взаимодействия обусловлено, в частности, разрывами связей d-орбиталей и, следовательно, образованием нескомпенсированного электрического заряда на вакантном узле.

Нестехиометрические соединения могут резко изменять свои физические свойства в зависимости от температуры. Так, пирротины – сульфиды железа FeS – Fe_7S_8, обладающие кристаллической структурой типа NiAs, в которой содержатся катионные вакансии, могут при нагревании переходить из антиферромагнитного состояния в ферромагнитное [1–4]. Для сульфидов железа установлено, что магнитное превращение «антиферромагнетик–ферримагнетик» происходит в результате упорядочения вакансий в четных (нечетных) базисных плоскостях [1; 4; 5]. Действительно, в структуре сульфидов железа в базисных плоскостях реализуется ферромагнитное спиновое упорядочение, а в соседних базисных плоскостях – антиферромагнитное [1; 2], поэтому при равновероятно расположенных вакансиях в четных и нечетных базисных плоскостях суммарный магнитный момент подрешеток скомпенсирован и соединения проявляют свойства антиферромагнетика. Если существует преимущественное расположение вакансий в четных (нечетных) базисных плоскостях, то происходит раскомпенсация магнитных подрешеток и соединение становится ферримагнетиком.

До настоящего времени не объяснены причины, в результате которых происходит упорядочение вакансий в четных (нечетных) базисных плоскостях. Поэтому пока не создана теория, описывающая поведение намагниченности нестехиометрических ферримагнетиков при воздействии высоких температур. Попытаемся дать объяснение физической природы эффекта упорядочения вакансий при нагревании в нестехиометрических соединениях на примере пирротина и предложим теоретическую модель поведения вакансий, объясняющую изменение намагниченности нестехиометрических ферримагнетиков при изменении концентрации вакансий в их структуре.

За элементарную ячейку возьмем простую ячейку структуры типа NiAs (рис. 1). Тот факт, что при определенной температуре вакансии изменяют тип упорядочения в кристаллической структуре, позволяет ввести взаимодействие между вакансиями, смоделировав потенциал этого взаимодействия определенным образом.

Выбор радиуса действия потенциала пояснен на рис. 1, *а* и *б*. Потенциал взаимодействия задан таким образом, что он запрещает появление в ячейке более 0,25 вакансий. Если вакансии нет, то ячейка содержит два иона железа и два иона серы.

Для нахождения теоретической зависимости величины намагниченности пирротинов от температуры применим методы квантовой статистики и приближение молекулярного поля. При нагревании нестехиометрических соединений, в отличие от нагревания других минералов, не только изменяется обменное взаимодействие, но и происходит перераспределение катионных вакансий.

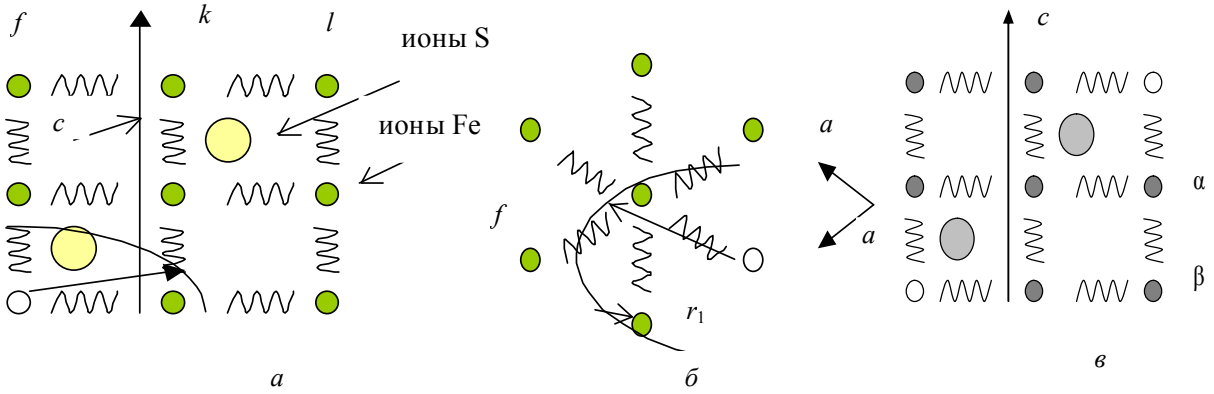


Рис. 1. Проекции элементарной ячейки [2]: *а*, *в* – вдоль оси *c*; *б* – вдоль оси *a*

Отметим, что эти два процесса одновременно еще не рассматривались, хотя именно их взаимное влияние и обусловливает ряд особых свойств нестехиометрических минералов.

Вакансии в кристалле можно представить как некоторую систему из N тождественных частиц. Оператор числа вакансий на узле решетки может иметь собственные значения, равные нулю или единице, что соответствует статистике Ферми–Дирака. Распределение вакансий по разным узлам может быть любым, поэтому статистика вакансий должна быть статистикой Паули. Для описания энергетических состояний вакансий необходимо ввести операторы рождения и уничтожения вакансии на некотором узле p кристаллической решетки, причем

$$a_p^+ a_p = \hat{n}_p, \qquad \left[a_p, a_q^+\right] = \delta_{pq}\left(1-2n_p\right),$$

$$\left\{a_p, a_q^+ = 1,\right\} \qquad a_p^2 = \left(a_p^+\right)^2 = 0,$$

где p – номер узла кристаллической решетки. Фурье-образ функции Грина [6; 7]

$$\left\langle a_p \middle| a_g^+ \right\rangle_E = \int_{-\infty}^{+\infty} G_{pq}(t) e^{iEt} dt,$$

где $G_{pq}(t) = -i\theta(t)\left\langle a_p(t) \middle| a_g^+(0)\right\rangle$ – функция Грина; $\theta(t) = \begin{Bmatrix} 1, t>0 \\ 0, t<0 \end{Bmatrix}$, здесь t – переменная времени

Гамильтониан, описывающий вакансионные состояния, можно взять в простейшей форме:

$$H = \sum_p \varepsilon_p a_p^+ a_p + \sum_{p,q} V_{pq} \hat{n}_p \hat{n}_q,$$

где первая сумма описывает независимые вакансии, вторая – их взаимодействие.

Если в некотором узле образовалась вакансия, то энергия магнитного взаимодействия изменится на величину

$$\Delta E = +S_p^z \sum_q I_{pq} S_q^z \equiv \varepsilon_p,$$

где I_{pq} – интеграл обменного взаимодействия; S_p^Z – оператор спина в узле p.

Учитывая перестановочные соотношения операторов Паули, после применения спектральной теоремы получим выражение для среднего значения оператора числа частиц:

$$\left\langle a_p^+ a_p \right\rangle = \frac{1}{p} \int_{-\infty}^{+\infty} f_B(E) \operatorname{Im}\left\langle a_p \middle| a_g^+ \right\rangle_{E+iu} dE =$$
$$= \left(1 - 2\left\langle n_p \right\rangle\right) f_B\left(\varepsilon_p + \sum_q V_{pq}\left\langle n_q \right\rangle\right),$$

где $f_в$ – функция Бозе–Эйнштейна.

Введем следующее обозначения: $n_б = \left\langle n_p \right\rangle$ и $n_в = \left\langle n_q \right\rangle$ – среднее число вакансий, приходящееся на один атом железа в плоскостях б и в соответственно (б и в – символы четных и нечетных плоскостей в структуре). Получим систему уравнений

$$\left[\frac{n_б}{\left(1-2n_б\right)}\right] = f_В\left(\varepsilon + \gamma V n_в\right),$$

$$\left[\frac{n_в}{\left(1-2n_в\right)}\right] = f_В\left(\varepsilon + \gamma V n_б\right),$$

где $\varepsilon_б = \varepsilon_в = \varepsilon$; г – координационное число. Тогда для области высоких температур

$$\varepsilon + г V n_{б,в} << kT$$

можно записать следующее выражение, производя разложение $f_в$ в ряд Тейлора:

$$\frac{n_б}{1-2n_б} = \frac{kT}{\varepsilon + г V n_в}, \frac{n_в}{1-2n_в} = \frac{kT}{\varepsilon + г V n_б}.$$

Отметим, что в элементарной ячейке сульфидов железа находится два иона железа, причем один в плоскости б, а другой – в плоскости в (рис. 1, *в*).

Учитывая, что

$$n_б + n_в = n,$$
$$n_б - n_в = R,$$

можно выразить зависимость намагниченности элементарной ячейки R от потенциала взаимодействия V в этой ячейке:

$$R = P \pm \sqrt{W + \frac{D}{V} - \frac{L}{V^2}}, \qquad (1)$$

где $P = \varepsilon + 2kT$; $W = (n)^2$; $D = 2\frac{\varepsilon}{\gamma}$; $L = \frac{(\varepsilon + 2kT)^2}{г^2}$.

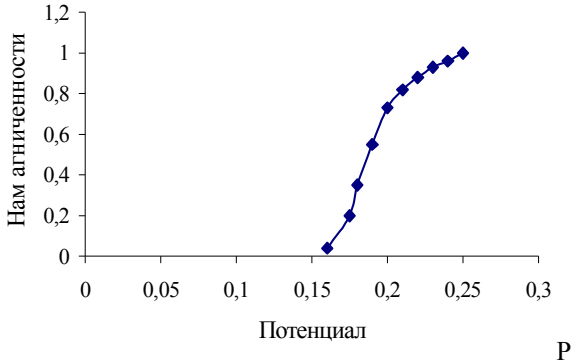
Теоретически полученная зависимость R для сульфидов железа с различным потенциалом взаимодействия V вакансий в структуре (рис. 2) с хорошей точностью описывается аналитической формулой

$$R = n_б - n_в = \frac{1}{74{,}684}\sqrt{74{,}684 + \frac{34{,}568}{V} - \frac{9}{V^2}}. \qquad (2)$$

По формуле (2) можно легко получить зависимость R от V и сопоставить ее с формулой (1), которая, описывает зависимость $R(V)$ только качественно.

Проведем анализ формулы (1). Константа P в этой формуле имеет смысл начальной намагниченности ячейки. Действительно, до определенного потенциала взаимодействия V выражение под знаком радикала в формуле (1) есть отрицательная величина, поэтому в отсутствие взаимодействия $R = P$. Начальная намагниченность может возникать в результате того, что магнитный момент плоскости б меньше или больше магнитного момента плоскости в в элементарных

ячейках. Знаки плюс или минус перед корнем в формуле (1) показывают увеличение или уменьшение намагниченности кристалла при упорядочении вакансий. Например, если магнитный момент плоскости в больше магнитного момента плоскости б и вакансии упорядочиваются в плоскости в, то намагниченность образца должна уменьшаться. Если при этом же соотношении магнитных моментов вакансии упорядочиваются в плоскости б, то намагниченность образца должна увеличиваться при увеличении *n*.



ис. 2. Теоретическая зависимость намагниченности элементарной ячейки от потенциала взаимодействия

Возможны следующие типы кривых изменения намагниченности в нестехиометрическом ферримагнетике при изменении потенциала взаимодействия вакансий в его структуре (рис. 3):

– тип ферримагнетика, у которого суммарный магнитный момент четных плоскостей в превосходит суммарный магнитный момент нечетных плоскостей б подрешеток при разупорядоченном состоянии вакансий, т. е. в отсутствие взаимодействия между ними (рис. 3, *а*);

– тип ферримагнетика, у которого суммарный магнитный момент четных плоскостей в меньше суммарного магнитного момента нечетных плоскостей б в отсутствие вакансионного взаимодействия, т. е. разупорядоченном состоянии вакансий в структуре (рис. 3, *б*);

– тип ферримагнетика, у которого при разупорядоченном состоянии вакансий и в отсутствие взаимодействия между ними суммарный магнитный момент четных в и нечетных б плоскостей скомпенсированы (рис. 3, в).

Для дальнейшего анализа поведения намагниченности рассмотрим обменное взаимодействие между катионами в нестехиометрическом ферримагнетике. В данном случае необходимо учитывать два фактора: плоскость нахождения атома и первую координационную сферу кристаллической структуры данного атома. Следовательно, необходимо рассмотреть, по крайней мере, четыре типа обменного взаимодействия.

Обозначим через *f*, *g*, *k*, *l* узлы первой, второй, третьей и четвертой подрешетки; 1, 2, 3, 4 – величины, относящиеся к первой, второй, третьей и четвертой подрешеткам N_i, S_i, $м_i$ – число атомов в подрешетке, величину спина и магнитный момент атома сорта *i* .

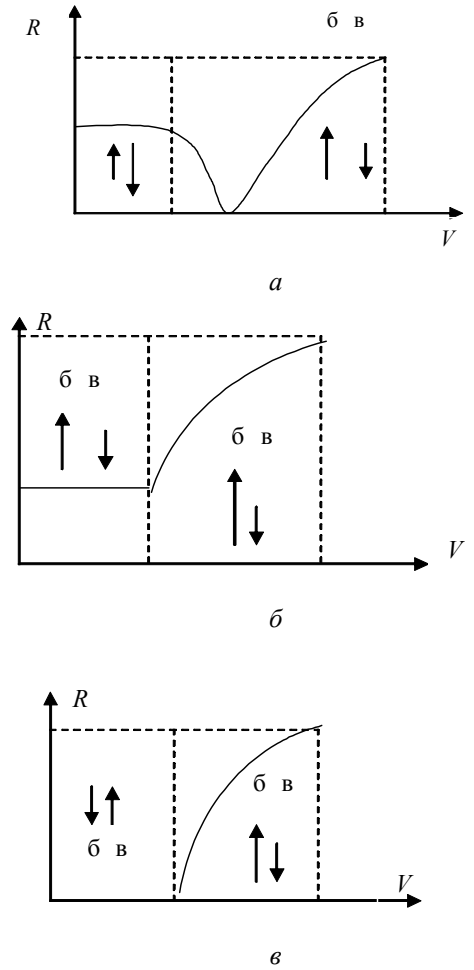


Рис. 3. Теоретические кривые удельной намагниченности в от потенциала взаимодействия *V* катионных вакансий (обозначения см. в тексте)

В общем случае $N_1 \neq N_2 \neq N_3 \neq N_4$, $S_1 \neq S_2 \neq S_3 \neq S_4$, $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$, т. е. магнитные моменты подрешеток различны.

Запишем гамильтониан системы в виде

$$\widetilde{H} = -\mu_1 \sum (H, S_f) - \mu_2 \sum (H, S_g) - \mu_3 \sum (H, S_k) - \mu_4 \sum (H, S_l) -$$
$$- \frac{1}{2} \sum I(f_1 - f_2)(S_{f_1}, S_{f_2}) - \frac{1}{2} \sum I(g_1 - g_2)(S_{g_1}, S_{g_2}) -$$
$$- \frac{1}{2} \sum I(k_1 - k_2)(S_{k_1}, S_{k_2}) - \frac{1}{2} \sum I(l_1 - l_2)(S_{l_1}, S_{l_2}) -$$
$$- \sum I(f - g)(S_f, S_g) - \sum I(k - l)(S_k, S_l) -$$
$$- \sum I(g - k)(S_g, S_k) - \sum I(f - k)(S_f, S_k) -$$
$$- \sum I(f - l)(S_f, S_l) - \sum I(g - l)(S_g, S_l),$$

где S_f, S_g, S_k, S_l – спиновые операторы атомов первой, второй, третьей, четвертой подрешеток.

Примем во внимание условие минимума свободной энергии $F = -\vartheta \ln Q$, где Q – статистическая сумма, $Q = \sum_n e^{-E_n/\vartheta} = S_p(e - H/\vartheta)$; $\vartheta = kT$ – модуль канонического распределения; E_n – собственные значения гамильтониана H.

Перейдя к операторам $S_f^z, S_g^z, S_k^z, S_l^z, S_f^\pm, S_g^\pm, S_k^\pm, S_l^\pm$ и применяя представления Гольштейна – Примакова – Изюмова спиновых операторов через операторы вторичного квантования, получим

$$S_f^+ = \sqrt{2S}\varphi(n_f)a_f, \quad S_f^- = \sqrt{2S}a_f^+\varphi(n_f),$$

$$S_f^z = S - n_f,$$

где $\varphi(n_f) = \left(1 - \frac{n_f}{2S}\right)^{1/2}$; $n_f = a_f^+ a_f$, операторы a^+, a удовлетворяют бозевским перестановочным соотношениям.

Предположив, что в каждой из подрешеток спины ориентированы параллельно друг другу, получим следующую систему уравнений:

$$б_1 = м_1 З + J_{11}S_1y_1 + |J_{12}|S_2y_2 + $$
$$+ |J_{13}|S_3y_3 + |J_{14}|S_4y_4,$$
$$б_2 = м_2 З + J_{22}S_2y_2 + |J_{12}|S_1y_1 + $$
$$+ |J_{23}|S_3y_3 + |J_{24}|S_4y_4,$$
$$б_3 = м_3 З + J_{33}S_3y_3 + |J_{32}|S_2y_2 + $$
$$+ |J_{13}|S_1y_1 + |J_{34}|S_4y_4,$$
$$б_4 = м_4 З + J_{44}S_4y_4 + |J_{42}|S_2y_2 + $$
$$+ |J_{43}|S_3y_3 + |J_{14}|S_1y_1.$$

Приведенная ниже система уравнений – это и есть искомые уравнения молекулярного поля для четырехподрешеточного изотропного ферримагнетика:

$$y_1 = 1 - S_1^{-1}B_{S_1}\left(\frac{б_1}{Q}\right),$$

$$y_2 = 1 - S_2^{-1}B_{S_2}\left(\frac{б_2}{Q}\right),$$

$$y_3 = 1 - S_3^{-1}B_{S_3}\left(\frac{б_3}{Q}\right),$$

$$y_4 = 1 - S_4^{-1}B_{S_4}\left(\frac{б_4}{Q}\right),$$

где $B_S = \frac{\sum_{n=0}^{2S} ne^{-nx}}{\sum_{n=0}^{2S} e^{-nx}}$ – функция Бриллюэна.

Результирующая намагниченность

$$M^z = M_1^z + M_2^z + M_3^z + M_4^z, \qquad (3)$$

где

$$M_i = N_i S_i м_i y_i, \qquad (4)$$

где y_i – относительная намагниченность на один узел в подрешетке i.

Экспериментально получена зависимость намагниченности от температуры нестехиометрических пирротинов состава $Fe_{10}S_{11}$, у которых наблюдается возникновение взаимодействия между вакансиями при температуре около 275 °С (рис. 4). Как показано выше, раскомпенсация антиферромагнитных подрешеток зависит от вакансионного взаимодействия. В простейшем случае оно пропорционально температуре. С учетом этого можно увидеть, что подобная зависимость получается естественным образом.

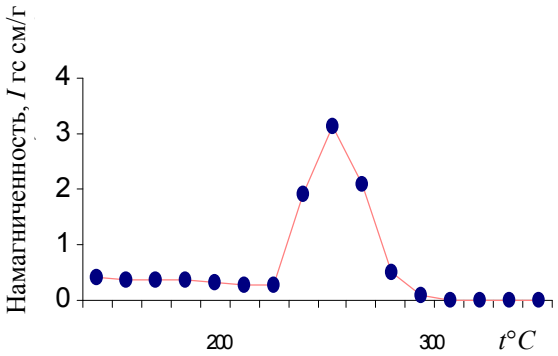


Рис. 4. Экспериментальная зависимость намагниченности от температуры

Покажем разные типы кривых намагниченности с различным обменным взаимодействием (рис. 5). Заметим, что после перемножения этих кривых с кривой на рис. 2 получается такая же кривая, как и на рис. 4, с учетом того, что потенциал взаимодействия прямо пропорционален температуре, т. е. $V = AT$. А за счет перемножения же данных кривых с кривыми на рис. 3 получаем возможныетипы кривыхнамагниченности нестехиометрических минералов с различным типом расположения катионных вакансий в кристаллической структуре. Сам факт перемножения следует по формулам (3) и (4).

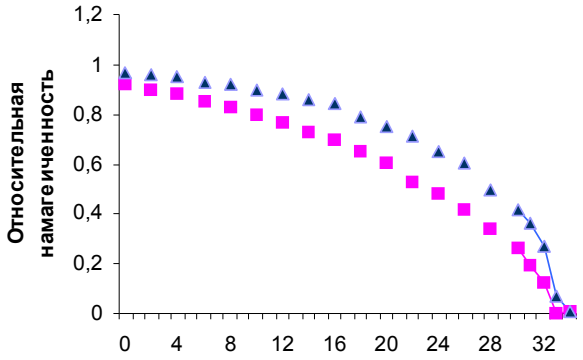


Рис. 5. Кривые намагниченности с различным обменным взаимодействием

Таким образом, в рамках модели четырехподрешеточного ферримагнетика с учетом взаимодействия между катионными вакансиями, подчиняющимися квантовой статистике Паули, впервые дано теоретическое описание магнитных превращений в нестехиометрических ферримагнетиках. Следует отметить, что появление вакансионного взаимодействия обусловлено, в частности, разрывами связей *d*-орбиталей (если катионные вакансии образуются в результате удаления ионов железа) и, как следствие, образованием нескомпенсированного электрического заряда на вакантном узле.

Библиографический список

1. Ward, J. C. The structure and properties of some iron sulphides / J. C. Ward // Rev. Pure. Appl. Chem.1970. Vol. 20. 175 c.

2. Белов, Н. В. Очерки по структурной минералогии / Н. В. Белов. М. : Недра, 1976. 312 с.

3. Гусев, А. А. Превращения порядок–беспорядок и фазовые равновесия в сильно нестехиометрических соединениях / А. А. Гусев // Успехи физ. наук. 2000. Т. 170. № 1. С. 3–40.

4. Гуденаф, Д. Магнетизм и химическая связь / Д. Гуденаф. М. : Металлургия, 1968. 236 с.

5. Онуфриенок, В. В. Магнитные свойства и кристаллическая структура сульфидов железа в интервале составов $FeS–FeS_{1,18}$ / В. В. Онуфриенок, А. Г. Звегинцев // Изв. АН СССР. серия «Неорганические материалы». 1982. Т. 18, № 3. С. 366.

6. Кузьмин, Е. В. Намагниченность нестехиометрических соединений типа пирротин с различной концентрацией вакансий в структуре / Е. В. Кузьмин, В. В. Онуфриенок // Физика твердого тела. 1983. Т. 25, № 8. С. 2321–2326.

7. Звегинцев А. Г. Особенности магнитных свойств пирротинов, образовавшихся в результате разложения пирита / А. Г. Звегинцев, В. В. Онуфриенок // Геомагнетизм и аэрономия. 1981. Т. XXI, № 4. С.763–765.

A. V. Mashukov, V. V. Onufriyonock

MAGNETIC TRANSFORMATIONS IN NON-STECHIOMETRIC MINERALS OF PYRROTITE TYPE

There was investigated the change of magnetization of non-stehiometric pirrotites depending on the concentration of vacancies in their structure. For the first time in the frame of the model of the four-sub-grate ferrimagnetic it is given a theoretical description of magnetic transformations in non-stechiometric ferri-magnetics. For explaining the effect of the ordering of vacancies it is used the method of the secondary quantization. It should be noted that the operators correspond to the quantum statistics of Pauli. The calculations are made considering the interactions between the cat ion vacancies. It is noted that the appearance of the vacancy interaction is explained by breaking the connections of d-electronic tracks and forming of non-compensated electrical charge on the vacant unit consequently.

УДК 550.382.3

А. В. Машуков, В. В. Онуфриенок, С. А. Симинчук

ФЕРРИМАГНИТНЫЕ ПИРРОТИНЫ В МЕТАСТАБИЛЬНОМ СОСТОЯНИИ

Исследованы магнитные свойства сульфидов железа в метастабильном фазовом состоянии. У сульфидов железа состава Fe_7S_8 при закаливании от температуры синтеза наблюдалось уменьшение намагниченности практически до нуля. Наблюдаемый эффект объясняется не только перераспределением вакансий ионов железа в базисных плоскостях кристаллической структуры типа NiAs, но и процессами переориентации спина на узле. Предложена теоретическая модель, качественно объясняющая это явление.

У природных минералов состава $Fe_{0,908}S$–$Fe_{0,873}S$ (пирротинов) зависимость намагниченности от температуры имеет ряд специфических особенностей [1–5]. Например, г-превращение проявляется в виде резкого изменения намагниченности при температурах 220…280 °С [1; 3]. У искусственных сульфидов железа наблюдалось низкотемпературное (T = 45 К) изменение намагниченности [4]. Часто у ферримагнитных сульфидов железа отмечается так называемый температурный магнитный гистерезис, т. е. несовпадение намагниченности до и после термообработки. Максимальный температурный гистерезис наблюдается у образцов практически с нулевой намагниченностью в исходном состоянии [6]. Такое изменение намагниченности определяется не только перераспределением вакансий в кристаллической структуре, но и другими, до настоящего времени пока еще мало изученными явлениями [6–8].

Пирротины обладают кристаллическим строением типа NiAs, в котором часть катионных позиций вакантна. Поскольку между базисными плоскостями реализуется антиферромагнитное спиновое упорядочение, а в базисных плоскостях – ферромагнитное, то тип распределения вакансий (сверхструктура) определяет величину нескомпенсированного магнитного момента подрешеток [9–13]. Распределение вакансий на подрешетках находится в непосредственной зависимости от температуры, давления и химического состава сульфидов железа [10–14]. Процессы перераспределения вакансий в структуре осуществляются в результате диффузии, поэтому при воздействии на пирротины высокой температуры с последующей закалкой можно получать различные неравновесные распределения вакансий в структуре, т. е. пирротины в метастабильном фазовом состоянии.

Необходимо изучить температурные изменения намагниченности пирротинов в метастабильном фазовом состоянии, обладающих максимальным температурным магнитным гистерезисом, а также объяснить эти изменения в рамках существующих теоретических моделей.

Образцы для исследований, в исходном состоянии обладающие практически нулевой намагниченностью, были получены как методом сухого синтеза (серия А), так и в результате разложения в вакууме пирита (FeS_2) при различных температурах (серия Б) [6; 11; 16]. После синтеза образцы прокаливались при различных температурах, закаливались и исследовались на термобаллистической установке в поле 1 кЭ. Химический состав и кристаллическая структура полученных образцов анализировались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3 по описанным в литературе методикам [3; 10]. Мессбауэровские спектры снимались с источником Co^{57} в матрице Cr.

Явление уменьшения намагниченности пирротинов, синтезированных и затем закаленных от 1 000 °С, установлено давно и является прямым следствием фазовых диаграмм [2; 3; 9–11; 14]. Сам факт уменьшения намагниченности пирротинов при закалке от высоких температур является обычным результатом, однако намагниченность в большинстве случаев до нуля не спадает. Представляет особый интерес тот случай, когда при закаливании получались образцы с нулевой намагниченностью. При нагревании таких образцов со скоростью 5 град/мин в поле 1 000 Э до температуры 350 °С наблюдался переход их в ферримагнитное состояние.

Зависимость намагниченности I от температуры T пирротинов с максимальным температурным гистерезисом (рис. 1) показывает, что в исходном состоянии пирротины обладали практически нулевой намагниченностью (в пределах точности термобаллистической установки – 0,01 Гс·см^3/г) и при нагревании изменений намагниченности не наблюдалось. А после термообработки намагниченность пирротинов достигала 12,5 Гс·см^3/г.

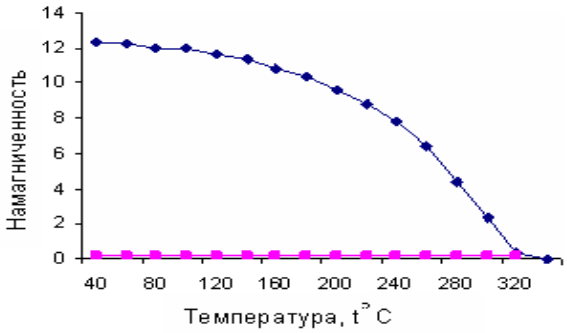


Рис. 1. Зависимость намагниченности от температуры пирротина с максимальным температурным гистерезисом

Определение химического состава исследуемых пирротинов по принятой рентгеновской методике (по угловому положению рентгеновских рефлексов) вызывает трудности. Например, наиболее чувствительный к химическому составу рентгеновский рефлекс (102) после температурного воздействия смещался, т. е. угловое положение данного рентгеновского рефлекса после термообработки пирротинов изменялось (рис. 2). Однако по совокупности экспериментальных фактов химический состав таких пирротинов соответствовал формуле Fe_7S_8. Рентгеновские исследования показали, что в исходном состоянии образец обладал гексагональной структурой, а в конечном – моноклинной, но моноклинной структурой состав Fe_7S_8 может обладать в очень узкой области гомогенности [2; 3; 9–11; 14].

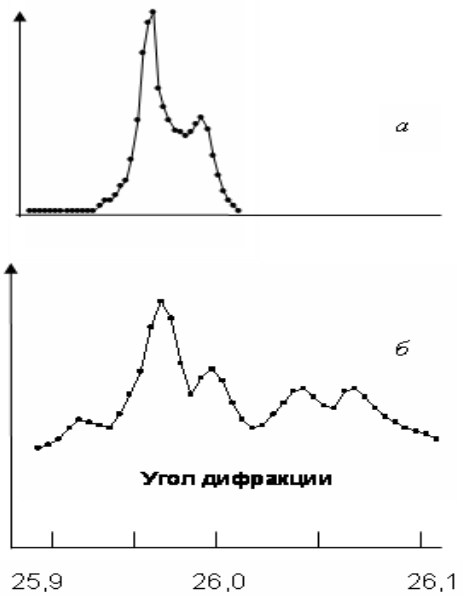


Рис. 2. Профиль рентгеновского рефлекса (102) пирротина с максимальным температурным гистерезисом до нагрева (*а*) и после (*б*)

Сравнение профиля рентгеновского рефлекса (102) образца в исходном (рис. 2, *а*) и в конечном состоянии (рис. 2, *б*) показывает, что одиночный рентгеновский рефлекс в конечном состоянии расщепляется на пять близко расположенных рефлексов, соответствующих моноклинным искажениям структуры.

Мессбауэровские спектры пирротина (рис. 3) демонстрирует, что в начальном состоянии спектр ядерного гамма-резонанса (ЯГР) состоит из одного секступлета с ассиметричным уширением линий (рис. 3, *а*), а конечное состояние характеризуется с тремя хорошо разрешенными секступлетами(рис. 3, *б*). Анализ этих спектров говорит о том, что в конечном состоянии катионные вакансии упорядочены в четных (нечетных) базисных плоскостях. Это соответствует структурному переходу B8–C6 в промежуточной стадии. Катионы в такой структуре имеют соответственно 0, 2 и 4 вакансии во второй координационной сфере. Такие позиции соответствуют локальным магнитным полям 305, 275 и 225 кЭ на ядрах. Расчет заселенности позиций в этой структуре следующий $N_0 = 0{,}47$; $N_1 = 0$; $N_2 = 0{,}39$; $N_3 = 0$; $N_4 = 0{,}23$. Заметим, что вакансии при случайном законе распределения должны иметь заселенности $N_0 = 0{,}21$; $N_1 = 0{,}3$; $N_2 = 0{,}31$; $N_3 = 0{,}14$; $N_4 = 0{,}05$, где N_0, N_1, N_2, N_3, N_4 – заселенности позиций без вакансий, с одной вакансией, двумя, тремя и четырьмя вакансиями соответственно.

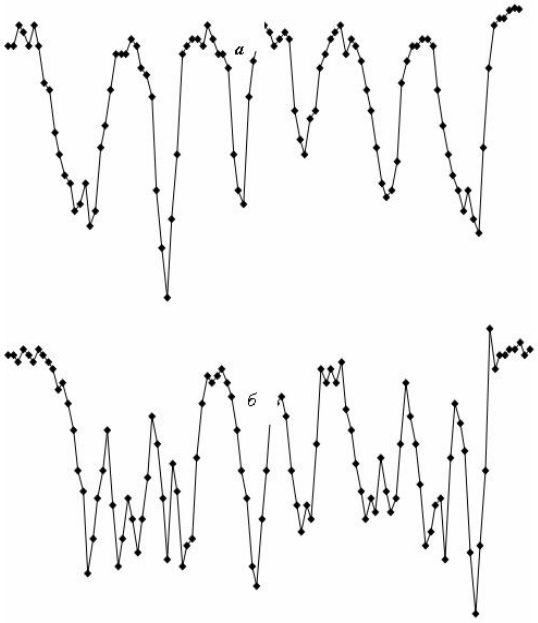


Рис. 3. Спектры ядерного гамма-резонанса пирротина с максимальным температурным гистерезисом до нагрева (*а*) и после (*б*)

Обработка спектра пирротина в начальном состоянии позволяет предположить наличие в нем дополнительных секступлетов. Удовлетворительной оказалась аппроксимация спектра пятью секступлетами с величинами полей 310, 280, 260, 247 и 235 кЭ. Катионы в такой структуре имеют соответственно 0, 1, 2, 3 и 4 вакансии во второй координационной сфере. Очевидно, что при высоких температурах заселенности позиций приближаются к случайному закону распределения, что соответствует полному разупорядочению вакансий в структуре.

Вычисление заселенности позиций в начальном состоянии закаленных образцов дает значения $N_0 = 0{,}31$; $N_1 = 0{,}20$; $N_2 = 0{,}34$; $N_3 = 0{,}11$; $N_4 = 0{,}05$. Таким образом, наблюдается отклонение распределения вакансий от случайного зако-

на, так как нулевая намагниченность возможна только при случайном законе распределения вакансий. Следовательно, у образцов в начальном состоянии есть упорядочение вакансий и намагниченность этих образцов должна быть отличной от нулевой.

Оценка заселенностей проводилась по анализу относительной интенсивности секступлетов, на которые разлагался экспериментальный спектр ЯГР. Эти заселенности сравнивались с величинами, ожидаемыми для случайного закона распределения.

Для объяснения наблюдаемой нулевой намагниченности при некоторой упорядоченности вакансий в структуре необходим анализ величины и знака локального поля на некотором узле кристаллической решетки с различным расположением вакансий в структуре.

Магнитные свойства системы можно описывать гейзенберговским гамильтонианом [1–4; 6–8]

$$H = -\sum_{jm} I_{fm} S_f S_m,$$

где f, m – узлы кристаллической решетки; I_{fm} – обменные параметры; S_f – оператор спина на узле f.

В общем случае обменное взаимодействие может быть дальнодействующим и осциллирующим (механизм РККИ). Ограничимся рассмотрением случая, когда I_{fm} отличны от нуля только для ближайших соседей. В простейшем случае обменные параметры принимают только два значения: I_{22} – между базисными плоскостями и I_{11} – внутри плоскости.

Если ограничиться случаем рассмотрения изинговской части гамильтониана

$$H = -\sum_{fm} I_{fm} \text{€}_f \text{€}_m,$$

где $\text{€}_f = 2S_f^x$, то собственные значения парциальных собственных функций [1–4; 6–8]

$$\left| \text{ф}_m(\text{у}) \right\rangle = \left(\prod_{\text{б}} \left| \uparrow \right\rangle_{\text{б}} \prod_{\text{в}} \left| \downarrow \right\rangle_{\text{в}} \right)_n$$

гамильтониана H_0 можно записать в виде

$$W_n = -\frac{1}{4} \sum_{fm} I_{fm} \langle \text{ц}_n | \text{€}_f \text{€}_m | \text{ц}_n \rangle = -\frac{1}{4} \sum_{fm} I_{fm} \text{€}_f^{(n)} \text{€}_m^{(n)}.$$

По условию минимума энергии $W_0 = \min(W_n)$ получим

$$W_0 = -\frac{1}{4} \sum_f \text{у}_f^0 \text{е}_f^0,$$

где $\text{е}_f^0 = \sum_m I_{fm} \text{у}_m^0$ – локальное поле на узле f.

Таким образом, необходимым условием минимума W_0 является $\text{у}_f^0 \varepsilon_f^0 \geq 0$, по которому следует, что направление спина однозначно связано со знаком локального поля:

$$\text{у}_f^0 = \text{sign } \text{е}_f^0.$$

Например, спин в узле f при $\text{е}_f = 0$ является парамагнитным и может иметь любую ориентацию. Включение малого магнитного поля вдоль оси квантования снимает это вырождение и спин принимает значение $\text{у}_f^0 = 1$.

В рамках рассматриваемой модели имеется конечное число типов локальных полей, характеризующихся различными типами распределения вакансий вокруг данного узла f (рис. 4).

Для кристаллической структуры типа NiAs (рис. 4, *а*) основное состояние спина на узле f, не содержащем вакансии в ближайшем окружении, имеет вид

$$\text{е}_0^0 = 6I_{11} - 2I_{22} < 0.$$

Для расположения ионов железа в плоскости, перпендикулярной оси c (рис. 4, *б*) характерно следующее: если в базисной плоскости, в которой находится рассматриваемый узел f, имеются вакансии, то основное состояние будет зависеть от их числа, однако знак локального поля при этом меняться не будет:

$$\text{е}_1^0 = 5I_{11} - 2I_{22} < 0,$$

$$\text{е}_1^0 = -2I_{22} < 0,$$

т. е. е_f^0 последовательно принимает значения для 1, 2, …, 6 вакансий в ближайшем окружении.

Если вакансии находятся в соседних базисных плоскостях б, то локальное поле на узле f может принимать как положительное, так и отрицательное значение. Даже при соотношении $6I_{11} < I_{22}$, когда наличие одной вакансии не приводит к изменению знака у локального поля е_f^0 на узле f (рис. 4, *в*), две вакансии, расположенные в плоскостях б, неизбежно должны вызвать переориентацию спина (рис. 4, *г*). Основное состояние для первого случая будет иметь вид $\text{е}_1^0 = 6I_{11} - I_{22} < 0$, для второго – $\text{е}_1^0 = 6I_{11} > 0$. Если узел f окружен вакансиями и в плоскости б, и в плоскости в, то спин в этом случае будет находиться в парамагнитном состоянии (рис. 4, *д*).

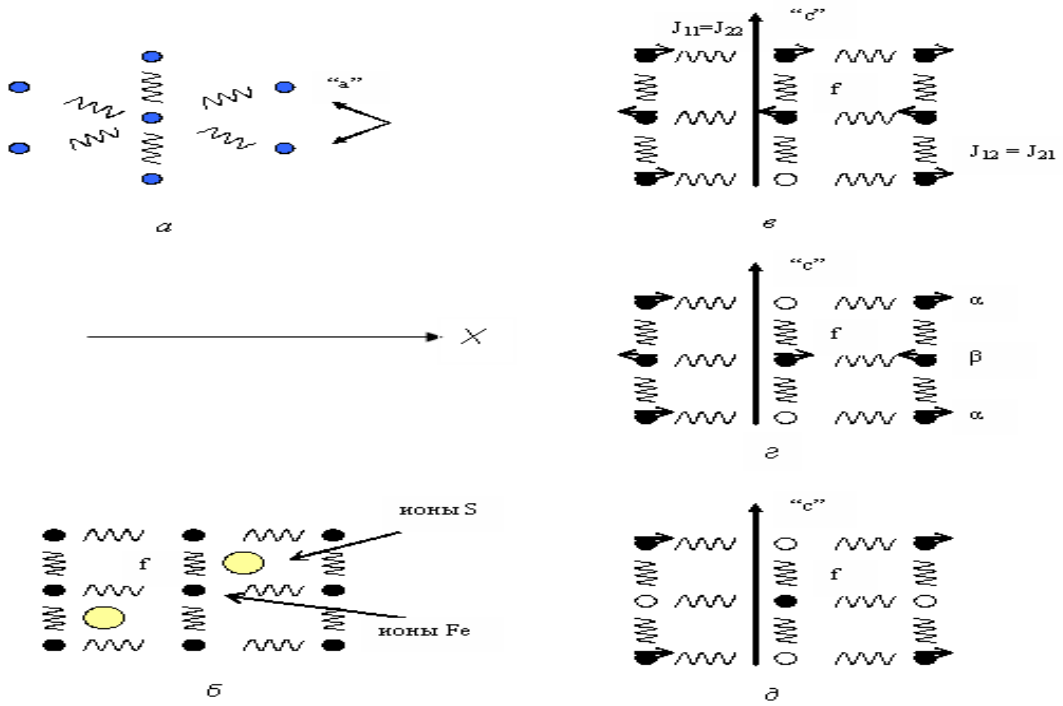


Рис. 4. Кристаллическая (*а*, *б*) и магнитная (*в*, *г*, *д*) структура пирротина с различным расположением вакансий в структуре железа: *x* – ось квантования

Для объяснения кривой J / $J_0(T)$ метастабильной фазы сульфида железа предположим, что в стабильном фазовом состоянии образец является ферримагнетиком. Суммарный магнитный момент подрешеток $M = M_в - M_б$ отличен от нуля только при условии, что число вакансий на подрешетках различно. Для определенности будем считать, что число вакансий в четных базисных плоскостях больше, чем в нечетных плоскостях. Тогда $M_б > M_в$, что соответствует упорядочению вакансий в четных базисных плоскостях. В результате закаливания можно получить некоторое неравновесное распределение вакансий, при котором часть спинов будет инвертирована. По предположению, число вакансий в стабильном фазовом состоянии больше в четных базисных плоскостях, поэтому число таких спинов будет больше в нечетных плоскостях. Следовательно, суммарный магнитный момент такого образца меньше, чем у исходного.

Итак, с учетом уменьшения числа вакансий в четных базисных плоскостях намагниченность может уменьшаться практически до нуля за счет их частичного разупорядочения при закаливании образца. В данном случае закон распределения вакансий отличен от случайного распределения, т. е. наблюдается частичное упорядочение вакансий в четных базисных плоскостях. После нагрева у закаленного образца намагниченность возрастает. Это происходит в результате активизации изменения направления спина и перераспределения вакансий в базисных плоскостях. Если образец не имеет инвертируемых спинов в кристаллической структуре, то намагниченность закаленных образцов отлична от нулевого значения.

Таким образом, у ферримагнитных сульфидов железа в метастабильном состоянии возможны изменения намагниченности практически до нуля. Эти изменения определяются перераспределением вакансий в базисных плоскостях кристаллической структуры и процессами переориентации спинов в зависимости от расположения катионных вакансий во второй координационной сфере. Описанная выше модель качественно объясняет это магнитное превращение.

Библиографический список

1. Белов, К. П. Магнитные превращения / К. П. Белов. М. : Физматгиз, 1959. 200 с.

2. Онуфриенок, В. В. Фазовые соотношения сульфидов железа в метастабильном состоянии / В. В. Онуфриенок // Физика твердого тела. 1991. Т. 33, № 7. С. 2213

3. Schwarz, E. I. Magnetic phases relationship of pyrrhotite / E. I. Schwarz, D. I. Vaughan // Geomag. Geoelectr. 1972. Vol. 24, № 4. P. 441.

4. Звегинцев, А. Г. Влияние условий синтеза и режима термообработки на магнитные свойства сульфидов железа с температурой 570 °С / А. Г. Звегинцев, В. В. Онуфриенок, М. И. Петров // Изв. АН СССР. Серия. «Физика Земли». 1982. № 4. С. 82.

5. Онуфриенок, В. В. Метастабильные сульфиды железа / В. В. Онуфриенок // Изв. Рос. акад. наук. Серия. «Неорганические материалы». 2005. Т. 41, № 6, С.744–747.

6. Звегинцев, А. Г. Особенности магнитных свойств пирротинов, образовавшихся в результате разложения пирита / А. Г. Звегинцев, В. В. Онуфриенок // Геомагнетизм и аэрономия. 1981. Т. 21, № 4. С. 763.

7. Онуфриенок, В. В. Температурный магнитный гистерезис пирротинов / В. В. Онуфриенок, А. Г. Звегинцев // Геомагнетизм и аэрономия. 1981. Т. 21, № 3. С. 575.

8. Онуфриенок, В. В. Магнитные превращения в пирротинах в районе точки Кюри / В. В. Онуфриенок // ФТТ. 1981. Т. 23, № 10. С. 3193.

9. Гуденаф, Д. Магнетизм и химическая связь / Д. Гуденаф // М. : Металлургия, 1968. С. 236.

10. Дир, У. Б. Породообразующие минералы / У. Б. Дир, Р. Б. Хауи, Дж. Зусмаи. М. : Мир, 1966. Т. 5. С. 148.

11. Онуфриенок, В. В. Магнитные свойства и кристаллическая структура сульфидов железа в интервале составов FeS–$Fe_{1,18}S$ / В. В. Онуфриенок, А. Г. Звегинцев // Изв. АН СССР. Серия «Неорганические материалы». 1981. Т, 18. № 3. С. 366.

12. Гусев, А. А. Превращения порядок–беспорядок и фазовые равновесия в сильно нестехиометрических соединениях / А. А. Гусев // Успехи физ. наук. 2000. Т. 170, № 1. С. 3–40.

13. Онуфриенок, В. В. Взаимодействие между катионными вакансиями в нестехиометрических ферримагнетиках / В. В. Онуфриенок // Материалы VI Междунар. конф. «АПЭП-2002». Новосибирск, 2002. Т. 2. С. 46.

14. Кузьмин, Е. В. Намагниченность нестехиометрических соединений типа пирротин с различной концентрацией вакансий в структуре / Е. В. Кузьмин, В. В. Онуфриенок // Физика твердого тела. 1983. Т. 25, № 8. С. 2321.

15. Синтез сульфидов железа из серосодержащих комплексных соединений методом самораспространяющегося горения / Р. К. Тухтаев, В. В. Болдырев, А. И. Гаврилов и др. // Неорган. материалы. 2002. Т. 38, № 10. С.1173–1181.

A. V. Mashukov, V. V. Onufrienock, S. A. Siminchuk

FERRI-MAGNETIC PYRROTITES IN A METASTABLE CONDITION

It is investigated the magnetic properties of Ferrous sulphides in a metastable phase condition. Ferrous sulphides with composition Fe_7S_8, decrease of magnetization practically to a zero when hardening with the temperature of synthesis. It is shown that the observed effect is explained not only by the redistribution of the vacancies of iron ions in a basic plane of the crystalline structure of the type NiAs, but by the processes of the spin flip on the node. There offered a theoretical model explaining this phenomenon qualitatively.

УДК 657.372.5

В. Л. Медведев

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УЗЕЛ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Рассмотрено состояние транспортного комплекса Красноярского края. Проведен анализ всех видов транспорта на территории Красноярского края и создания на этой базеМультимодального транспортного узла (транспортно-логистического центра).

В соответствии с Программой развития Красноярского края до 2010 г. увеличение выручки от транспортных услуг к 2010 г. ожидается в размере 190 % к уровню 2003 г. (2007 г. – 142 %), в частности выручка от услуг на авиационном транспорте составит 259 % к уровню 2003 г. (в сопоставимых ценах), на железнодорожном транспорте – 130 %, на речном транспорте – 101 %, т. е. практически сохранится на существующем уровне. Рост транспортных услуг связан с перспективами развития промышленного комплекса края, особенно его трех крупнейших отраслей: топливно-энергетической, горно-металлургической и лесной. Наибольший удельный вес в объеме перевозок занимает топливно-энергетический комплекс (53 %), вес горно-металлургического (22 %) и лесного (5 %) комплексов существенно меньше.

Рост транспортных услуг ожидается и за счет увеличения объемов транзитных перевозок по Транс-сибирской магистрали. Еще одной составляющей, обеспечивающей увеличение объемов перевозки грузов, является расширение грузообразующего потенциала транспортного комплекса края вследствие реализации крупнейшего транспортного проекта по созданию Красноярского мультимодального транспортного узла, способного привлечь дополнительно до 30 % грузов. Создание такого транспортного узла предусматривает комплексное развитие всех видов транспорта, транспортной, складской, терминальной инфраструктуры, таможни, системы страхования грузов и их информационного сопровождения и взаимную увязку компонентов для скоординированной работы, что обеспечит уровень работы транспортного комплекса края, соответствующий требованиям мировых стандартов и повысит конкурентоспособность предприятий нашего региона на российском и международном рынках. Важным фактором увеличения пассажирооборота станет увеличение реальных доходов населения. Расчеты спроса населения на товары и услуги показывают, что при увеличении реальных доходов населения в 2 раза транспортная подвижность населения будет возрастать не менее чем в 2 раза.

Предусмотренное Программой развития Красноярского края до 2010 г. создание развитой транспортной инфраструктуры путем строительства и реконструкции автодорог, обеспечивающих межрегиональные транспортные коридоры, межрайонные и внутрирайонные связи, будет способствовать формированию взаимосвязанных территориально-экономических комплексов, развитию внутрикраевых и межрегиональных экономических связей и создаст благоприятные условия для развития добывающей и лесной отраслей северных территорий края.

В данной программе предусмотрено создание эффективной региональной системы управления и тарифного регулирования пассажирских перевозок. Для решения этой задачи потребуется разработка и принятие минимального стандарта транспортной обеспеченности маршрутов, который необходим для определения оптимальных транспортных схем, количества и моделей подвижного состава, что приведет к удешевлению, ускорению и повышению качества пассажирских перевозок. Кроме того, предполагается разработка новой методики расчетов нормативов субсидирования по всем видам транспорта, предусматривающей упрощение определения размеров тарифов и повышение заинтересованности руководителей транспортных предприятий в их снижении тарифов.

В частности, для обеспечения потребностей населения края в пассажирских услугах на авиационном транспорте и сохранения социально значимых маршрутов будет разработана концепция развития авиации Красноярского края, в том числе на местных воздушных линиях.

Ставится также задача реализации мероприятий, обеспечивающих необходимые условия для судоходства в Енисейском водном бассейне и функционирования Северного морского пути.

Приобретение в собственность края подвижного состава и создание пригородной железнодорожной пассажирской компании позволит создать конкурентную среду на железнодорожном транспорте и не только сократить бюджетные расходы при транспортировке социально значимых грузов и перевозке пассажиров, но и снизить грузовые тарифы и, соответственно, долю транспортной составляющей в стоимости грузов.

А в целом комплекс мероприятий, направленный на развитие транспортного комплекса края, включает решение следующих проблем:

– создание эффективной региональной системы управления и тарифного регулирования пассажирских перевозок;

– обеспечение устойчивого функционирования и развитие местных воздушных линий;

– создание и развитие Красноярского мультимодального транспортного узла;

– обеспечение необходимых условий для судоходства в Енисейском водном бассейне;

– обеспечение стандартов безопасности содержания водных путей;

– обеспечение условий для функционирования Северного морского пути;

– создание конкурентной среды на железнодорожном транспорте;

– строительство и реконструкция автодорог, поддерживающих межрегиональные транспортные коридоры;

– строительство и реконструкция дорог, обеспечивающих межрайонные и внутрирайонные связи;

– строительство мостового перехода через реку Ангару в Богучанском районе.

Транспортный комплекс Красноярского края уникален тем, что в нем представлены все виды существующего в России транспорта (табл. 1, 2).

Красноярский край, расположенный в центре России и располагающий водными ресурсами Енисейско-Ангарского бассейна с выходом на Северный морской путь, а также пересекающую край Транссибирскую железнодорожную магистраль и автодороги, связывающие все регионы страны от Дальнего Востока до западных границ, имеет устойчивые предпосылки для создания на его территории мультимодального транспортного узла (транспортно-логистического центра). Кроме того, стабильное развитие промышленного комплекса края практически по всем отраслям, а также привлечение значительных инвестиций для развития Нижнего Приангарья (строительства Богучанской ГЭС, алюминиевого завода и целлюлозно-бумажного комбината) и освоение Ванкорского нефтяного месторождения являются определяющими факторами для положительного решения вопроса о том регионе Сибирского федерального округа, в котором будет создан мультимодальный транспортный узел, через который будет осуществляться мультимодальные перевозки.

По числу видов транспорта перевозки можно классифицировать как *одновидовые* (юнимодал), осуществляемые одним видом транспорта и одним или несколькими перевозчиками, или *многовидовые* (интермодал, мультимодал), осуществляемые несколькими видами транспорта.

Понятие мультимодальных перевозок включает ряд следующих важных аспектов. Первый из них связан с понятием *мультимодальный*, означающим, что при осуществлении данной перевозки должны использоваться, по меньшей мере, два разных вида транспорта. Согласно второму аспекту, перевозка должна осуществляться на основании договора мультимодальной перевозки (ДМП). Это означает, что простого факта осуществления перевозки более чем одним видом транспорта не достаточно. Должен быть заключен договор перевозки, охватывающий, по меньшей мере, два вида транспорта, которые будут использованы, а в действительности, скорее всего, все виды транспорта.

Мультимодальная перевозка подразумевает ее организацию одним оператором.

Оператором является любое лицо, которое осуществляет самостоятельно или обеспечивает осуществление всей мультимодальной перевозки. Следовательно, оператор мультимодальной перевозки (ОМП) может быть либо тем лицом, которое фактически выполняет перевозку, либо, напротив, лицом, которое просто заключает договор перевозки не в качестве агента, а как сторона договора (принципал). Кроме того, ОМП должен принять на себя ответственность за исполнение договора и выдать документ мультимодальной перевозки. Так, например, судовая компания, выдавшая сквозной коносамент или документ перевозки, который снимает с нее ответственность за дальнейшую перевозку, не является оператором мультемедальной перевозки.

Таблица 1

Перевозка грузов различными видами транспорта, млн т, в Красноярском крае в 1980–2005 гг.

Виды транспорта	1980	1985	1990	1995	2000	2004	2005	% в 2005
Железнодорожный	54,7	65,7	86,1	44,0	45,2	44,5	47,3	81,7
Автомобильный	83,8	66,3	75,6	21,3	9,7	5,4	6,4	11
Морской	2,3	2,7	2,7	0,1	0,1	30,8*	0,1	0,17
Внутренний водный	20,4	25,3	25,9	5,4	4,6	3,9	4,1	7,1
Воздушный	0,2	0,2	0,2	29,2*	25,3*	17,2*	16,8*	0,03
Всего	189,8	190,5	221,9	89,9	59,6	53,9	57,9	100

* – тысяч тонн.

Таблица 2

Перевозка пассажиров, млн человек, в Красноярском крае за период 1980–2005 гг.

Виды транспорта	1980	1985	1990	1995	2000	2004	2005	% в 2005
Железнодорожный	22,8	28,7	33,7	19,9	18,6	17,0	16,9	3,4
Автобусный	569,1	644,2	716,2	590,5	450,2	469,3	449,2	89,9
Трамвайный	44,3	52,1	61,4	64,9	36,8	28,1	17,2	3,8
Троллейбусный	32,5	49,8	59,0	67,6	61,0	32,7	15,2	2,9
Внутренний водный	1,6	1,5	1,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,022
Воздушный	3,6	3,8	4,1	1,0	0,7	1,0	0,9	0,2
Всего	673,9	780,1	876,0	744,2	567,4	548,1	499,5	100

Международная мультимодальная перевозка подразумевает использование более чем одного вида транспорта и организацию перевозки оператором, действующим в качестве принципала для всей перевозки. Это перевозка, осуществляемая по принципу «от двери до двери», которая, в отличии от традиционного обслуживания одним или несколькими видами транспорта, обеспечивает доставку грузов по всему маршруту их следования.

Ключевая фигура в выполнении мультимодальной перевозки – ОМП, т. е. любое лицо, которое заключает договор мультимодальной перевозки и выступает как сторона договора, а не как агент, от собственного имени или через другое действующее от его имени лицо либо от имени грузоотправителей или перевозчиков, участвующих в операциях мультимодальной перевозки, и принимает на себя ответственность за исполнение договора.

Тенденция к созданию систем мультимодальных перевозок грузов объясняется тем, что эти перевозки вовлекают в участие в едином процессе не только различные виды транспорта, но и промышленные, торговые, экспедиторские и другие компании. Это требует введения новых форм взаимодействия и координации, усиления контроля и концентрации капитала и производства, централизации капитала. Тенденция к системности проявляется, в частности, в следующих элементах, обеспечивающих единство и непрерывность перевозочного процесса:

– комплексном развитии материально-технической базы различных видов транспорта (подвижного состава, погрузочно-разгрузочного оборудования, контейнерных и контрейлерных парков, других средств укрупненных грузовых мест); согласовании параметров подвижного состава по габаритным размерам, грузоподъемности и вместимости; обеспечении возможности перевозки грузов на разных видах транспорта в одной и той же упаковке; применении типовых погрузочно-разгрузочных мест и т. д.);

– ритмичной, согласованной и ускоренной подаче подвижного состава к пунктам перевалки грузов между видами транспорта;

– организации систем связи и информации;

– единообразном коммерческо-правовом режиме на всех направлениях интермодальных перевозок (единые правила перевозок, унификация грузовых документов и облегчение таможенных процедур, выдача коносаментов на мультимодальную перевозку грузов, установление унифицированных тарифных правил интермодальных перевозок грузов).

Одновременно с развитием электронного обмена и обработки данных происходит сближение отношений между перевозчиками и клиентами. Получатели для уменьшения объема своих запасов сырья и реализации принципа доставки точно в срок должны быть уверены в высокой надежности и равномерности поставок, а это в свою очередь требует очень точного взаимодействия и координации между отправителями, получателями и перевозчиками. Деятельность транспортного комплекса направлена на максимальное удовлетворение требований грузовладельцев. Поэтому основная задача мультимодальной компании заключается не только в перевозках грузов, но и в предоставлении клиентам полного комплекса услуг по транспортному обслуживанию, включающих стивидорное, экспедиторское, лизинговое, страховое, агентское, информационное, консультативное и другие виды обслуживания, а также услуги по складированию, комплектации грузов и т. п.

Большое значение имеет вопрос о преимуществах мультимодального сообщения. В силу определенных противоречий между интересами государства и отдельных компаний целесообразно выделить преимущества, получаемые национальной экономикой с одной стороны, и частным сектором – с другой стороны.

К преимуществам, полученным национальной экономикой, можно отнести следующие:

– экономию и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Поскольку большинство железных дорог и внутренних водных путей находится в государственной собственности, то правительства могут непосредственно влиять на их использование при организации интермодальных перевозок. Железная дорога и внутренний водный транспорт имеют высокую пропускную способность при существенно меньшем потреблении топлива по сравнению с другими видами транспорта, прежде всего автомобильным;

– лучшие условия использования транспортных средств и национальной транспортной инфраструктуры, более эффективный контроль за транспортной цепью и применение новых транспортных технологий;

– низкую относительную стоимость системы мультимодальных перевозок, подразумевающую благоприятные перспективы для использования национальных ресурсов;

– содействие повышению конкурентоспособности экспорта, а значит, и расширению внешней торговли;

– облегчение таможенных процедур, сокращение до минимума времени оформления документов и выполнения других формальностей в результате того, что законодательные требования в отношении таможенных формальностей и документов обычно упрощены;

– создание условий для того, чтобы в стране оставалась бо́льшая часть фрахтовых платежей за счет расширения участия в операциях национальных страховых компаний, снижения размеров страховых премий;

– предотвращение беспрепятственного проникновения иностранного капитала в ущерб национальным перевозчикам;

Для частного сектора мультимодальное сообщение имеет следующие преимущества;

– возможность для отправителя иметь дело с одним перевозчиком, т. е. с оператором мультимодальной перевозки, и тем самым избежать чрезвычайно трудоемких процедур, порождаемых обычной транспортировкой, получить более совершенное обслуживание. При обычных перевозках отправители заключают отдельные договоры перевозки и подготавливают документы на транспортировку грузов от места происхождения до пункта пересечения границы, затем от данного пункта до иностранного порта и от этого порта до места окончательного назначения. Они также должны решать проблемы передачи груза с одного вида транспорта на другой в каждом пункте их взаимодействия, подвоза и вывоза груза, его хранения;

– увеличение скорости и сокращение сроков доставки грузов, уменьшение стоимости грузовой массы, находящейся в процессе перевозки, ускорение производства платежей. Комбинируя морской и наземный или воздушный виды транспорта, многие ОМП обеспечивают меньшую продолжительность перевозки, чем лишь одним транспортом;

– повышение эффективности транспортировки путем сокращения издержек перевозки и перегрузки грузов, улучшения использования транспортных средств и оборудования на основе надежного контроля за функционированием мультимодальной системы, четкой координации подвоза груза и перевалочных операций, возможности постоянного слежения за местонахождением груза в пути следования;

– концепция мультимодальных перевозок стимулирует разработку соответствующих документов и сквозных тарифных ставок, позволяющих заключать запродажные контракты на основе цен, которые включают расходы по доставке, унифицированной ответственности перевозчика и кодексов практики на международном уровне, таких как спецификация контейнеров для содействия их повсеместному применению, унифицированные проформы документов. А это упрощает документацию и объем работы по ее подготовке, дает преимущества при организации финансирования и страхования экспортных отправок. Договор мультимодальной перевозки, выдаваемый ОМП во внутреннем пункте, позволяет отправителю договариваться с банком и быстрее обеспечивать оплату своего экспорта;

– минимальные складские запасы и потребности в складской площади, создание благоприятных условий для планирования объема складских запасов;

– упрощение расчетов транспортных издержек, улучшение контроля над ними и гибкость в их оплате со стороны отправителей (получателей), внедрение с этой целью современной вычислительной техники. Экспортеры имеют возможность заключать сделки на основе цен доставки, включающих издержки на перевозку и погрузочно-разгрузочные операции, которые предпочтительнее как с точки зрения платежного баланса, так и с точки зрения конкурентоспособности;

– уменьшение зависимости от определенных портов погрузки-выгрузки, грузовых станций и т. п.;

– снижение расходов на тару и упаковку, а также потерь в процессе перевозки, перегрузки и хранения грузов, улучшение сохранности грузов и их товарного вида. Грузы, перевозимые по системе мультимодальных перевозок, обычно доставляются в лучшем состоянии, чем при обычной перевозке, что объясняется прежде всего широким применением контейнеров, хотя и случаи нелокализованного и скрытого ущерба не могут быть полностью исключены;

– повышение надежности транспортировки, сведение к минимуму рисков утраты, повреждения, кражи, особенно в перевалочных пунктах, или задержки груза, так как мультимодальные перевозки «от двери до двери» планируются и координируются как единая операция. Обычная же перевозка связана с таким риском, ибо каждый перевозчик ответствен только за свой участок;

– упрощение и удешевление процедуры предъявления претензий.

V. L. Medvedev

MULTIMODAL TRANSPORT JUNCTION IN KRASNOYARSK REGION

Krasnoyarsk region transport complex state is considered and the synthesis of all transport types of Krasnoyarsk region and establishment of transport-logistic centre on this basis are analyzed.

УДК 629.7.017

В. Л. Медведев, О. Г. Бойко, А. Г. Зосимов, Л. Г. Шаймарданов

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЛУАТАНТА

Рассмотрены вопросы определения надежности функциональных систем самолетов по статистическим материалам эксплуатанта в прямых показателях, нормируемых Нормами летной годности. Предложена методика оценки надежности функциональных систем как в среднем по парку, так и для конкретных экземпляров самолетов эксплуатанта.

В настоящее время в традиционно сложившейся системе оценок надежности авиационной техники гражданской авиации (ГА) используются косвенные показатели оценки надежности. К ним можно отнести такие показатели, как средняя наработка на отказ, количество отказов на 1 000 часов налета ($К_{1\,000}$) [1] и их разновидности. Отслеживание динамики изменения этих показателей в функции календарного времени обеспечивает возможность для разработки и принятия мер по поддержанию надежности авиационной техники и ее летной годности. Летная годность определяется ее нормами [2], которые представляют требования государства к надежности авиационной техники как к основе обеспечения безопасности полетов. В Нормах летной годности (НЛГ) надежность определена вероятностью появления в полете особых ситуаций различной тяжести, вызванных отказами авиационной техники. Нормируется катастрофическая, аварийная и сложная ситуация. Так, вероятность возникновения катастрофической ситуации определена как практически невероятная с частотой возникновения не более чем $1 \cdot 10^{-7}$ на 1 ч полета для самолета в целом и $1 \cdot 10^{-8}$ на 1 ч полета для отдельных систем самолета.

В зарубежной практике эксплуатанты, по мере накопления опыта, приобретают право самостоятельно разрабатывать программы технической эксплуатации, сертифицировав их в установленном порядке. Перевод имеющегося российского самолетного парка на стратегию эксплуатации по фактическому техническому состоянию и введение в эксплуатацию самолетов нового поколения приближает отечественную гражданскую авиацию к общемировым нормам. Государственным научно-исследовательским институтом гражданской авиации (ГосНИИ ГА) выпущен документ, дающий российским эксплуатантам возможность для разработки и сертификации программ технической эксплуатации авиационной техники [3]. Эти программы включают стратегии и режимы технического обслуживания, призванные поддерживать летную годность, т. е. безотказность и долговечность, по мере их уменьшения в процессе эксплуатации.

Для обоснованного подхода при формировании таких программ необходимо контролировать надежность авиационной техники в прямых оценках определяемых нормами летной годности. В применении норм для оценки надежности парка самолетов эксплуатантов и отдельных экземпляров есть ряд методически не решенных вопросов. Рассмотрим эти вопросы более подробно.

Прежде всего следует иметь в виду, что при расчете надежности функциональных систем парка самолетов эксплуатанта, определяется вероятность безотказной работы $P(t)$ отказа $Q(t)$ при налете t. При этом нормируемая вероятность безотказной работы за 1 ч полета при рассматриваемом налете определится в виде

$$q = \frac{Q}{T}. \qquad (1)$$

Зависимость $Q(t)$, как правило, нелинейна (рис. 1), и выражение (1) определяет q как тангенс угла наклона секущей за весь период T. В начале периода надежность существенно выше, чем в конце, и формула (1) оценивает ее среднее значение за весь период T. Если же решается вопрос о продлении ресурсов агрегатам функциональной системы сверх межремонтных, то целесообразно оценить надежность системы в конце периода T. Очевидно, что такую оценку можно выполнить в виде тангенса угла наклона касательной к кривой $Q(t)$ в точке с абсциссой, равной T. Как показано ниже, при выполнении мониторинга надежности функциональных систем экземпляра самолета эта оценка является единственно возможной.

Агрегаты функциональных систем экземпляра самолета после определенного налета, вследствие их замены по различным причинам, имеют далеко не одинаковую наработку. Поэтому определение вероятности безотказной работы системы на 1 ч полета по выражению (1) представляется некорректным. Как показано в [4], попытка приведения к 1 ч налета вероятности безотказной работы системы по надежности агрегатов, определенной на 1 ч полета, приводит к ошибке, равной T^{n-1}, где n – число параллельно соединенных (резервированных) агрегатов. При $T = 10\,000$ ч и $n = 4$ ошибка составит $10\,000^3$.

Кроме того, при приведении вероятности безотказной работы к 1 ч полета по выражению (1) следует обратить внимание на тот факт, что оно правомерно лишь в определенном диапазоне изменения вероятности отказа. При больших значе-

ниях она, по мере увеличения наработки *T*, имеет перегиб и асимптотически приближается к 1 (см. рис. 1). Вследствие этого у систем с малой надежностью вероятность отказа на 1 ч полета, определенная по выражению (1), проходит через максимум и затем уменьшается (рис. 2), хотя вероятность отказа катастрофически приближается к 1. В этом случае при определении вероятности отказа на 1 ч полета по касательной к кривой $Q(t)$, ее значения при малых и больших наработках могут оказаться одинаковыми, что совершенно не соответствует действительному состоянию безотказности систем. Для высоконадежных систем точка перегиба кривой $Q(t)$ (см. рис. 1) находится далеко за пределами ресурсов систем и самолета в целом.

В статистические материалы эксплуатанта заносятся все отказы и неисправности агрегатов и комплектующих изделий, потребовавшие их снятия или восстановления работоспособности (регулирования и т. п.). В связи с этим при определении оценок надежности агрегатов и влияния их отказов и неисправностей на надежность систем необходимо выполнять тщательный инженерный анализ. Например, в гидросистеме самолета Ту-154М установлены гидронасосы ПМ-89А(Д), имеющие две разновидности отказов: разрушение корпуса насоса и разрушение приводной рессоры. При разрушении корпуса гидрожидкость системы, в которой он установлен, теряется и система полностью выходит из строя. В этом случае гидронасос в расчетной схеме надежности должен быть включен последовательно. При разрушении приводной рессоры гидросистема остается работоспособной. Гидронасос ПМ-89А(Д) резервирован в гидросистеме 1 таким же насосом, в гидросистемах 2 и 3 – насосными станциями НС-46-2 и в расчетной схеме должен включаться параллельно с ними. Последовательное и параллельное включение насоса в расчетную схему должно осуществляться с оценками надежности, определяемыми статистикой рассмотренных разновидностей отказов.

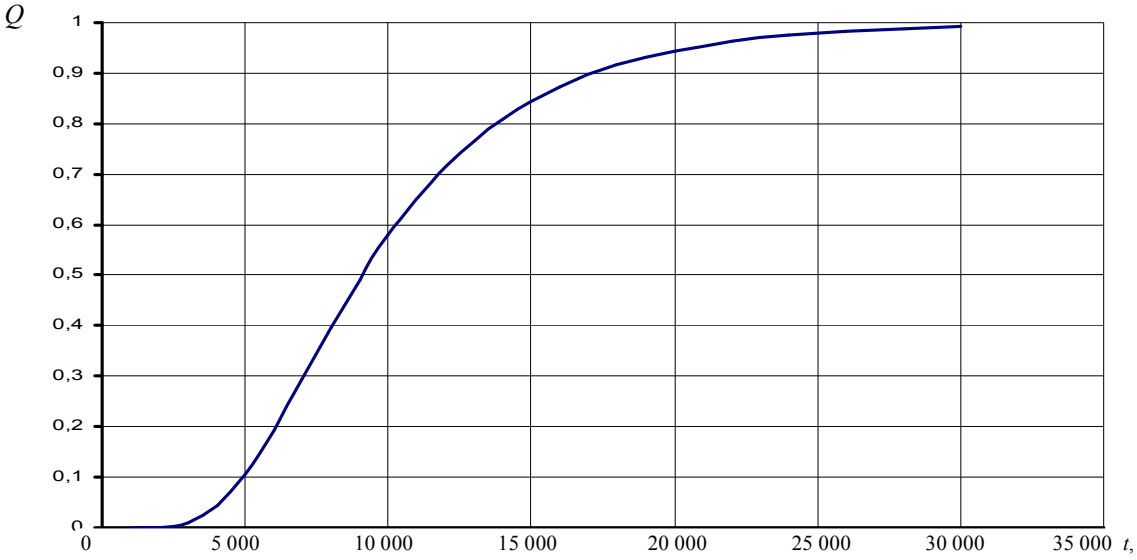


Рис. 1. Зависимость вероятности отказа гидросистемы Ту-154М при $К_{1\,000} = 0{,}2$ для всех агрегатов

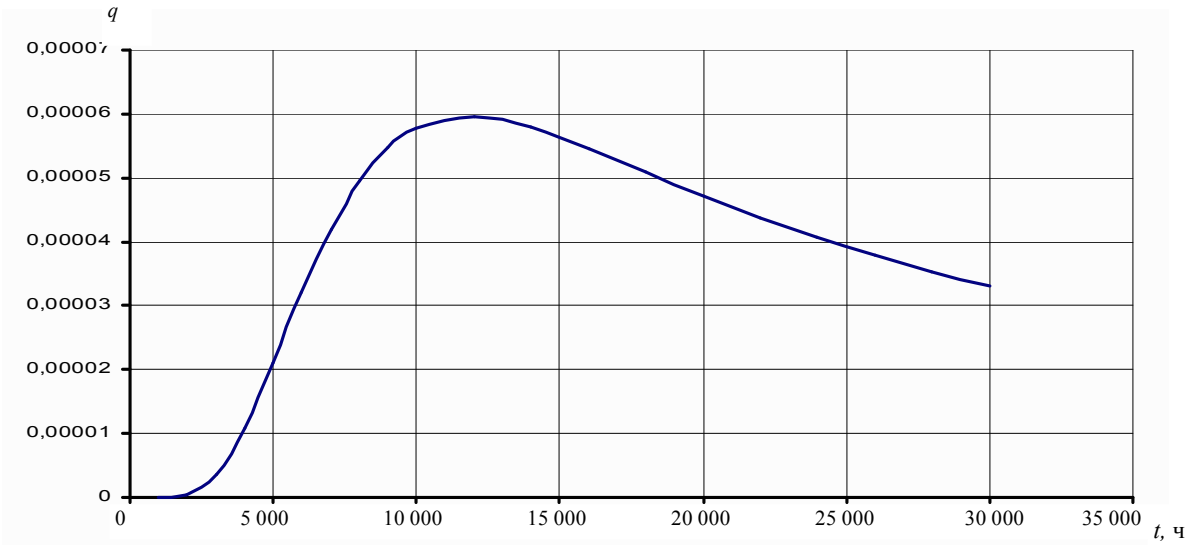


Рис. 2. Зависимость вероятности отказа гидросистемы Ту-154М на 1 ч полета при $К_{1\,000} = 0{,}2$ для всех агрегатов

Реализацию предложенных рекомендаций, постановку и решение некоторых других проблемных вопросов рассмотрим на примере анализа надежности гидросистемы самолета Ту-154М. Гидросистема Ту-154М имеет полное трехкратное резервирование и выполнена в виде гидросистем 1, 2 и 3.

Гидросистемы 2 и 3 аналогичны друг другу. Гидросистема 1 отличается тем, что в ней установлены два насоса НПО ПМ-89А(Д), два гидроаккумулятора и два гасителя пульсаций. Статистические характеристики отказов агрегатов системы при налете парка самолетов за пять лет, равном 121 631 ч, приведены в табл. 1. Анализ функциональной схемы гидросистемы и последствий отказов ее агрегатов дает возможность представить расчетную схему ее надежности в виде, показанном на рис. 3. При этом имеется возможность исследовать надежность гидросистем 1, 2 и 3 как по отдельности, так и всей гидросистемы самолета, имея в виду параллельность работы этих систем.

Число отказов агрегатов приведенное в табл. 1, не достаточно для построения зависимости интенсивности отказов л(t) в функции налета часов. При этом для определения вероятностей отказов агрегатов использована рекомендуемой в [5] точечная оценка в виде параметра потока отказов щ.

В соответствии с приведенной расчетной схемой и параметрами потока отказов (см. табл. 1) математические модели вероятности отказов для гидросистем 1, 2 (рис. 4) и гидросистемы в целом имеют следующий вид:

$$Q_1 = 1 - [1 - (1 - \exp - 1{,}23 \cdot 10^{-5} \cdot t)^2 \times (1 - \exp - 2 \cdot 10^{-6} \cdot t)^2] \exp - 4 \cdot 10^{-6} \times \times t \cdot \exp - 6{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot t \cdot \exp - 4{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot t, \quad (2)$$

$$Q_2 = 1 - [1 - (1 - \exp - 1{,}23 \cdot 10^{-5} \cdot t) \times \times (1 - \exp -2 \cdot 10^{-6} \cdot t)(1 - \exp - 8{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot t)] \times \times \exp -2 \cdot 10^{-6} \cdot t \cdot \exp - 1{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot t \times \times \exp - 4{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot t, \quad (3)$$

$$Q = Q_1 \cdot Q_2^2, \quad (4)$$

где Q_1, Q_2, Q – вероятности отказов для гидросистемы 1, гидросистемы 2 и гидросистемы в целом соответственно.

Таблица 1

Статистические характеристики отказов агрегатов гидросистемы

Наименование агрегата	Последствия отказа	Число отказов	Налет на отказ, ч	Параметр потока отказов щ	Число агрегатов на экземпляре
Гидронасос ПМ-89А(Д)	Отказ сист.	1	486 524	$2 \cdot 10^{-6}$	4
	Отказ агр.	6	81 087	$1{,}23 \cdot 10^{-5}$	
Насосная станция НС-46-2	Отказ сист.	0	∞	0	2
	Отказ агр.	2	121 631	$8{,}2 \cdot 10^{-6}$	
Гидроаккумулятор	Отказ сист.	0	∞	0	4
	Отказ агр.	1	486 524	$2 \cdot 10^{-6}$	
Гидрокран ГА-165	Отказ сист.	1	608 155	$1{,}6 \cdot 10^{-6}$	5
	Отказ агр.	2	304 077	$3{,}2 \cdot 10^{-6}$	
Гидрошланг	Отказ сист.	2	608 155	$2 \cdot 10^{-6}$	9
	Отказ агр.	0	∞	0	

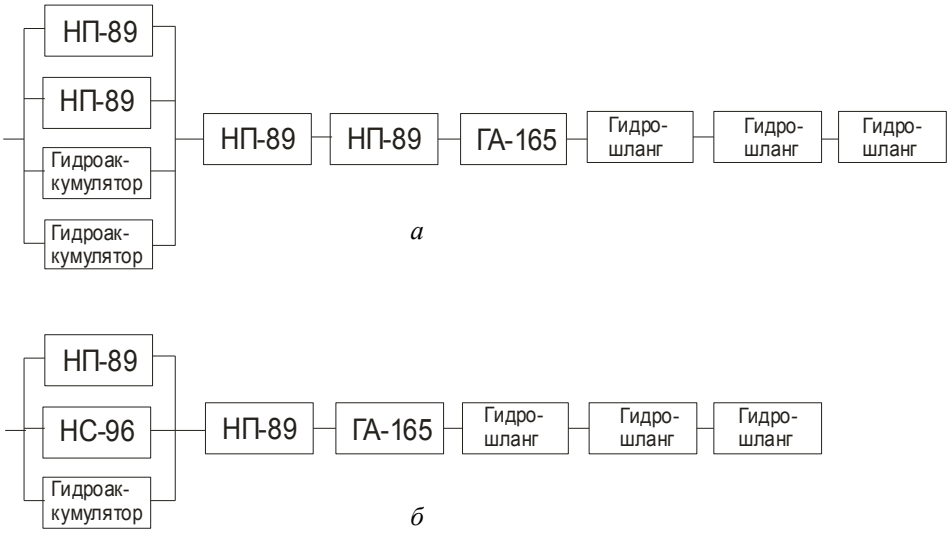


Рис. 3. Расчетная схема гидросистемы 1 (*а*); 2 и 3 (*б*)

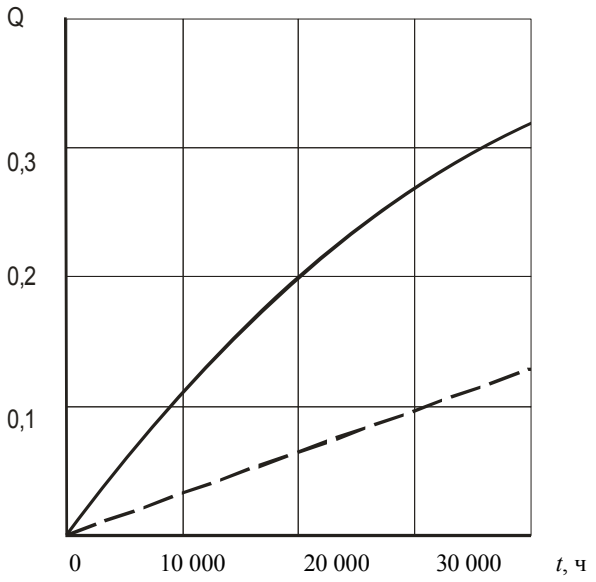


Рис. 4. Расчетные значения вероятностей отказа: —— – гидросистемы 1; ------ – гидросистемы 2

Приведенные ниже значения вероятностей отказа при параллельной работе гидросистемы 2 и 3 и гидросистем 1, 2 и 3 (рис. 5) еще не дают возможности оценить соответствие надежности гидросистемы Нормам летной годности при различных значениях налета часов. Для получения таких оценок необходимо привести полученные вероятности к 1 ч полета. Ранее мы отмечали, что это можно выполнить по тангенсу угла наклона секущей (по секущей), учитывая предыдущие состояния и по тангенсу угла наклона касательной (по касательной), получая зависимость мгновенных значений вероятности отказа на 1 ч полета в функции налета (рис. 6).

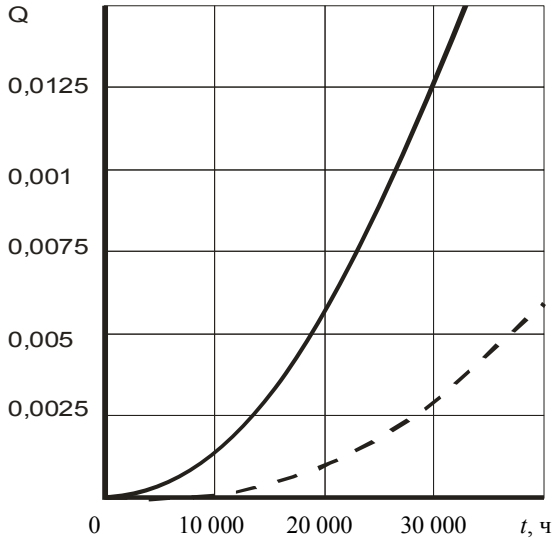


Рис. 5. Зависимость вероятностей отказа от налета при совместной работе: —— – гидросистем 2 и 3; ----- -– гидросистем 1, 2 и 3

На основании вышесказанного и рис. 6 можно сделать вывод о том, что при определении вероятности отказа на 1 ч полета по секущей надежность гидросистемы удовлетворяет требованиям НЛГ во всем диапазоне часов межремонтного ресурса ее агрегатов. А при определении вероятности отказа на 1 ч полета по касательной, результат хуже и требования НЛГ удовлетворяются только в пределах 5 000 летных часов.

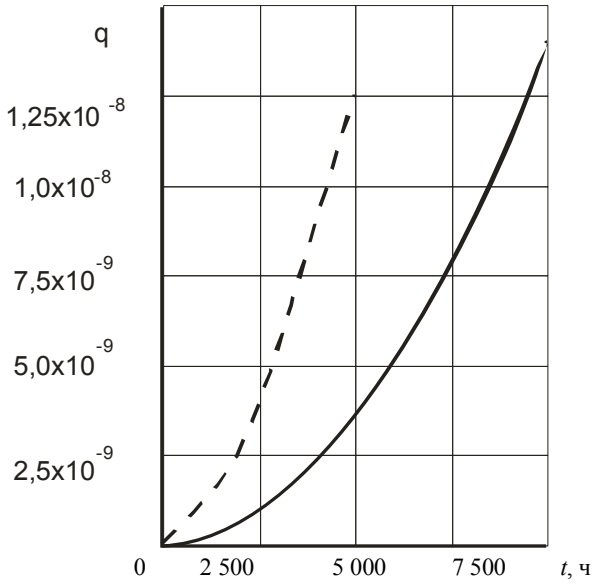


Рис. 6. Зависимость вероятностей отказа на 1 ч полета гидросистемы самолета от налета часов: —— – по секущей; ------ – по касательной

Необходимо отметить, что в проведенных исследованиях для всех агрегатов гидросистемы задавался одинаковый налет, соответствующий его значениям по оси абсцисс на рис. 5, 6. В действительности же на экземплярах воздушных судов разные агрегаты имеют различные наработки в пределах ресурсов. Поэтому представленные результаты характеризуют нижнюю границу средней по парку самолетов эксплуатанта надежности гидросистемы.

Еще одним из направлений выполненных авторами исследований явился анализ возможности построения процедуры отработки ресурсов агрегатами функциональных систем таким образом, чтобы при обеспечении соответствия требованиям НЛГ выявить возможности эксплуатации ресурсных агрегатов и агрегатов с продленными ресурсами. Для этого авторами были рассчитаны вероятности безотказной совместной работы гидросистемы 1, агрегаты которой начинают отработку ресурсов с нулевой наработки, и гидросистем 2 и 3, которые при этом предварительно отработали 10 000 ч (рис. 7). И в этом случае вновь проявляется неоднозначность толкования результатов при определении вероятности отказов на 1 ч полета по секущей (рис. 8). Но эта неоднозначность связана не с методом определения $q(t)$ по $Q(t)$, а с временным фактором, при котором нет однозначности в отсчете времени отработки гидросистем. В расчете заложено условие, что в мо-

мент, принятый за начало отсчета наработки, гидросистемы 2 и 3 уже имели налет по 10 000 ч, а налет агрегатов гидросистемы 1 принят равным нулю. Поэтому при определении вероятности отказа на 1 ч полета мы можем отнести вероятность отказа к текущему по оси абсцисс времени либо к этому времени, по увеличенному на 10 000 ч. При этом оценки надежности на 1 ч полета становятся существенно различными (см. рис. 8).

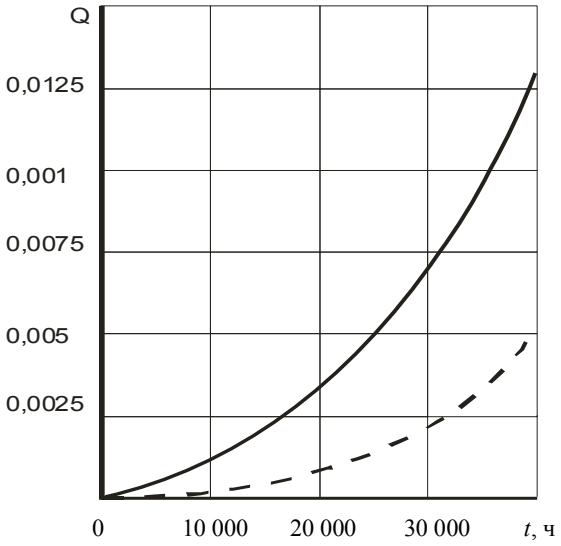


Рис. 7. Зависимость вероятностей отказа гидросистемы от наработки при работе гидросистемы 1 с 0 ч и гидросистемы 2 и 3 с 10 000 ч: —— – отсчет t с 0 ч; ----- -– отсчет t с 10 000 ч

Представленные оценки надежности (см. рис. 7, 8) содержат заданную авторами в 10 000 ч разницу в наработках агрегатов гидросистем 1, 2 и 3, при этом наработки агрегатов в данных системах приняты одинаковыми. Такой анализ дает возможность оценить надежность систем при варьировании наработками агрегатов, но только в среднем по парку. Но пассажиров же везет конкретный экземпляр самолета (борт), и в его системах отклонения наработок от средних значений в бо́льшую либо в меньшую сторону могут быть весьма существенным.

В настоящее время в гражданской авиации введена сертификация не только типа самолета, но и отдельных экземпляров. Экземпляры находятся в ведении эксплуатантов и от того, настолько качественно осуществляется техническое обслуживание, зависит их летная годность. Сертификация экземпляра направлена главным образом на контроль качества технического обслуживания. Но вопросы летной годности с позиций надежности в прямых показателях, нормируемых в НЛГ, при сертификации экземпляра не рассматриваются. Однако, располагая параметрами потока отказов, определенными по парку самолетов (см. табл. 1), расчетными схемами гидросистемы (см. рис. 3) и наработками агрегатов на экземплярах самолетов в работе, можно выполнить оценку надежности гидросистем, например, для четырех самолетов (табл. 2).

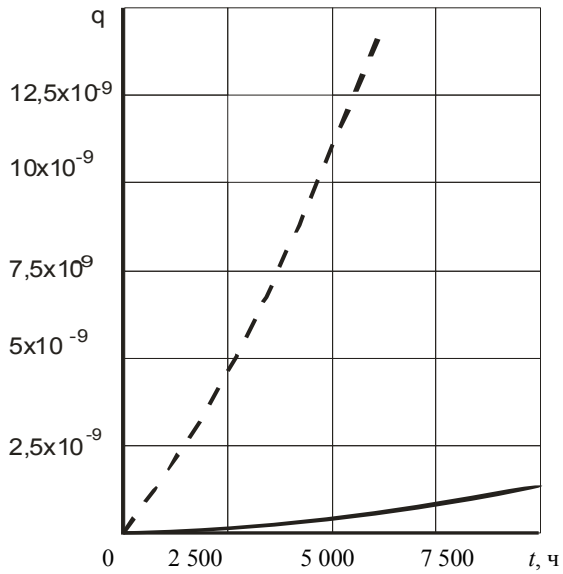


Рис. 8. Вероятности отказов системы на 1 ч полета, определенные по секущим к кривой $Q(t)$: —— – отсчет времени с 10 000 ч; ----- -– отсчет времени с 0 ч

Таблица 2

Параметры надежности гидросистемы экземпляров самолетов

Бортовой номер самолета	Налет, ч	Вероятность отказа, Q	Расчет вероятность отказа на 1 ч полета	
			По касательной	По секущей
85672	12 804	$1{,}17 \cdot 10^{-5}$	$6{,}93 \cdot 10^{-9}$	$9{,}13 \cdot 10^{-10}$
85682	12 386	$5{,}04 \cdot 10^{-6}$	$4{,}02 \cdot 10^{-9}$	$3{,}24 \cdot 10^{-10}$
85694	19 972	$5{,}47 \cdot 10^{-9}$	$3{,}03 \cdot 10^{-11}$	$2{,}74 \cdot 10^{-13}$
85702	21 438	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$	$3{,}54 \cdot 10^{-8}$	$6{,}53 \cdot 10^{-9}$

отказа на 1 ч полета. Но при мониторинге надежности экземпляра может быть получено только одно значение вероятности отказа Q (назовем его Q_m), положение которого не определено по временной координате. Поэтому, используя метод секущей, мы можем отнести его к налету самолета с начала эксплуатации (см. табл. 2) либо после последнего ремонта. Определение вероятности отказа на 1 ч полета по первому или второму значению налета самолета не отражает действительного состояния надежности рассматриваемой системы, агрегаты которой имеют налеты t_i, весьма слабо связанные с налетом самолета.

Предложенный в данной статье метод расчета вероятности отказа на 1 ч полета с использованием тангенса угла наклона касательной, лишен отмеченных выше недостатков. Для его реализации при мониторинге надежности системы экземпляра самолета к налету ее агрегатов t_i задаются приращения $\pm\Delta t$, одинаковые для всех агрегатов. Это обеспечивает возможность расчета вероятности отказа $Q_{i+\Delta}$ при налете $t_i + \Delta t$ и $Q_{i-\Delta}$ при налете $t_i - \Delta t$. Тогда вероятность отказа системы на 1 ч полета может быть определена в виде

$$q = \frac{Q_i + \Delta - Q_1 - \Delta}{2\Delta t}. \qquad (5)$$

Это значение вероятности отказа на 1 ч полета оценивает ее величину непосредственно по состоянию системы на момент мониторинга ее надежности. Значения вероятностей отказа системы экземпляров самолетов, приведенные в табл. 2 в графе «По касательной», определены по представленной выше методике, которая обеспечивает возможность для анализа надежности функциональных систем экземпляра самолета при продлении ресурсов его агрегатам, а также для разработки обоснований по изменению режимов замен либо технического обслуживания агрегатов, при условии обеспечения надежности системы в соответствии с требованиями НЛГ.

Библиографический список

1. Информационно-справочные и аналитические материалы по основным вопросам в области поддержания летной годности гражданских воздушных судов / Упр. поддержания лет. годности Федер. авиац. службы Рос. Федерации. М., 1998. 137 с.

2. АП-26. Авиационные правила. Нормы летной годности / Межгос. авиац. комитет. М., 1989. 265 с.

3. Руководство для конструкторов и эксплуатантов по разработке и сертификации программ технического обслуживания и ремонта функциональных систем ВС (РДКЭ) / Летно-исслед. ин-т. им. М. М. Громова. М., 1993. 64 с.

4. Бондаренко, В. Г. Вопросы методологии обеспечения надежности, летной годности и безопасности полетов самолетов гражданской авиации / В. Г. Бондаренко, Л. Г. Шаймарданов // Вестн. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева / под ред. проф. Г. П. Белякова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 109–113.

5. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. М. : Транспорт, 1995. С. 248.

V. L. Madvedev, O. G. Boyko, A. G. Zosimov, L. G. Shaymardanov

THE ESTIMATING METHOD OF THE CIVIL AVIATION AIRPLANES FUNCTIONAL SYSTEMS RELIABILITY WITH A HELP OF THE USER'S STATISTIC MATERIALS

The determination of reliability of the airplanes functional systems with a help of the user's statistic materials in direct indexes, which are normed by the norms of the flying suitability are considered. The estimation method of reliability of the airplanes functional systems is proposed. It may be used for the whole airplane park and for the concrete user's airplanes.

УДК 629.130

В. Л. Медведев, А. Г. Зосимов, Л. Г. Шаймарданов

НАДЕЖНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Рассмотрены вопросы старения и изменения надежности функциональных систем длительно эксплуатирующихся самолетов гражданской авиации.

По данным [1], на конец 2004 г. парк российских магистральных самолетов насчитывал 1 500 экземпляров, что составило 11 % мирового парка. При этом на долю России в мировом пассажирообороте приходиться лишь 2 %. Имеющийся парк обладает избыточностью по отношению к объемам перевозок в 4…5 раз. По прогнозам [2], избыток авиационной техники сохранится до 2006–2007 гг., по оптимистичному прогнозу – до 2010 г. Такая же избыточность авиационной техники, хотя и вследствие иных причин, в настоящее время наблюдается и в зарубежных авиакомпаниях. Вследствие этого и в России, и за рубежом сложилась необходимость в эксплуатации стареющего парка самолетов. Старение самолетов может быть как моральным, так и физическим. Моральное старение определяется в первую очередь ухудшением экономических показателей по мере поступления в эксплуатацию самолетов последующих поколений. Физическое старение же проявляется в выработке ресурсов в летных часах, посадках, циклах либо в исчерпании календарных сроков 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 область исследований – двигателестроение. Проблемам обеспечения надежности планера и ее сохранения при длительной эксплуатации также посвящено достаточно большое число серьезных исследований, лежащих в основе такой отрасли авиационной промышленности, как самолетостроение.

В тоже время исследованиям надежности функциональных систем длительно эксплуатирующих самолетов уделено существенно меньше внимания. Во многом это связано с тем, что разработчики и изготовители агрегатов и комплектующих изделий функциональных систем работают в различных отраслях науки и техники. Но, тем не менее, влияние функциональных систем на надежность авиационной техники и безопасность полетов весьма существенно: около 75 % общего числа отказов, приводящих к авиапроисшествиям по всем типам самолетов, связано именно с конструктивно-производственными дефектами функциональных систем. И здесь следует иметь в виду, что из-за архитектурной сложности этих систем поиск отказов и их устранение сопряжены с большими потерями времени и средств.

Ресурсы агрегатов и комплектующих изделий функциональных систем существенно меньше, чем ресурсы планера. Планер самолета представляет собой статическую конструкцию, агрегаты же функциональных систем выполнены в виде механических, электрогидравличских, гидромеханических, пневматических и подобных им машин, механизмов, 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 очевидны и пояснений не требуют. А организационно-технические различия процессов старения определяются объемами, содержанием и периодичностью работ, выполняемых для поддержания надежности планера и функциональных систем при их длительной эксплуатации.

Функциональные системы содержат в своих структурах большое число агрегатов, имеющих различные физические основы функционирования и конструктивное исполнение. Так, на самолетах Ту-154М и Ту-154Б только до безопасного отказа эксплуатируются 934 агрегата [3]. И если изучение старения систем построить только на рассмотрении процессов деградации структурных элементов агрегатов и их выходных характеристик, то этот путь может и оказаться крайне трудным, если не тупиковым. Но если допустить, что ресурсы: назначенный, до первого ремонта и межремонтный – в определенной степени характеризуют возможности агрегатов выполнять свои функции, то степень отработки агрегатами их ресурсов можно принять за основу оценки старения функциональных систем. Определим ее в виде среднего значения отработки ресурсов агрегатами системы:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{t}_i}{n} \qquad (1)$$

где n – число агрегатов в системе; $\bar{t}_i$ – относительная отработка ресурса i-м агрегатом,

$$\bar{t}_i = \frac{t_i}{T_i}, \qquad (2)$$

здесь t_i – наработка агрегата, T_i – ресурс агрегата (назначенный, до первого ремонта, межремонтный). Отсчет наработки t_i необходимо согласовать с началом отработки соответствующего ресурса.

При определении средних относительных отработок ресурсов агрегатами функциональных систем авторами была использована информация о наработках самолетов и агрегатов по парку из 15 экземпляров самолетов Ту-154М и Ту-154Б (табл. 1, рис. 1). Но условия сбора и хранения информации о наработках самолетов и агрегатов их систем в авиакомпаниях обеспечивают получение этих значений только в рассматриваемый момент времени, в связи с этим не удается выдержать равные интервалы распределения значений по оси абсцисс – оси наработок планера самолета (см. рис. 1). Поэтому каждой точке фактически соответствует средняя относительная отработка ресурсов агрегатами системы определенного экземпляра самолета.

Авторами получены подобные зависимости для гидросистемы (рис. 2), системы управления и механизации планера (рис. 3), агрегатов шасси (рис. 4) самолетов Ту-154М и Ту-154Б и трансмиссии вертолета Ми-8МТВ (рис. 5). Эти зависимости позволяют сделать ряд существенных выводов.

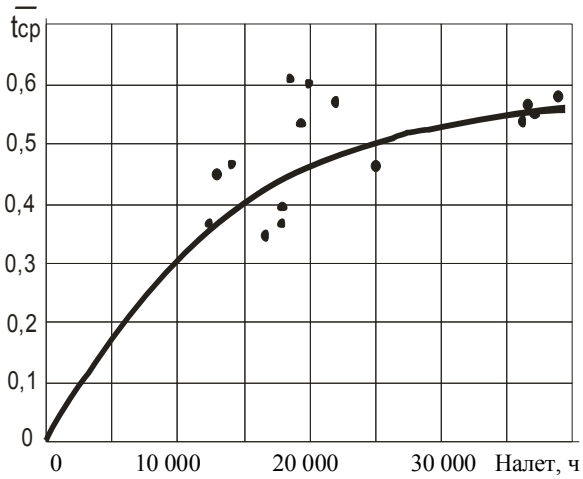


Рис. 1. Зависимость средней относительной наработки агрегатов топливной системы самолета Ту-154М от налета

Таблица 1

Значения относительных отработок ресурсов для агрегатов топливной системы ЛА Ту-154М и Ту-154Б

№ борта	Налет, ч, с начала эксплуатации	$\tau_{нар}$ / $T_{рес}$
85201	36 406	0,559
85489	37 950	0,582
85505	36 175	0,572
85529	35 866	0,561
85672	12 804	0,444
85678	18 857	0,601
85679	25 078	0,465
85682	12 386	0,369
85683	18 021	0,374
85694	19 972	0,597
85702	21 438	0,568
85704	16 567	0,345
85708	18 027	0,397
85720	19 542	0,537
85759	14 564	0,466

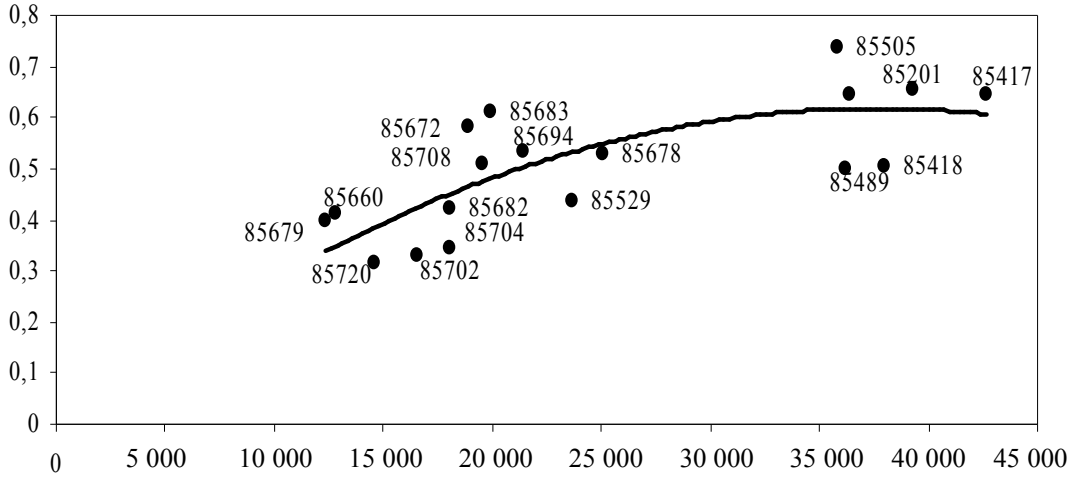


Рис. 2. Зависимость средней относительной наработки агрегатов гидросистемы от налета самолета Ту-154М и Ту-154Б

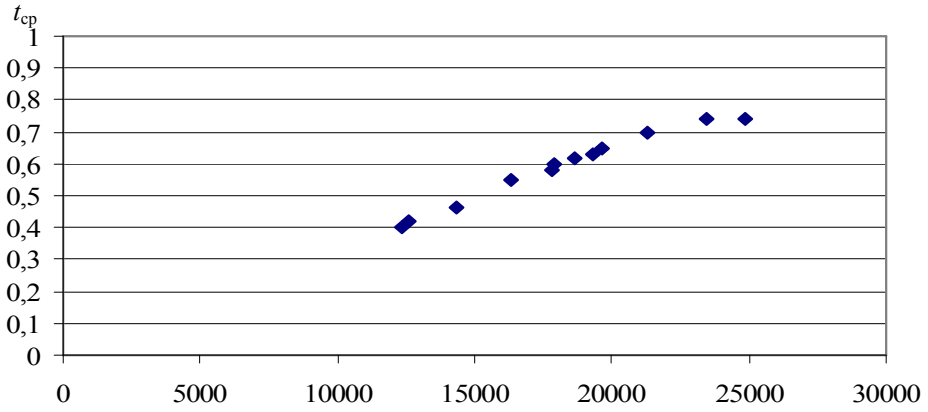


Рис. 3. Относительная отработка ресурсов агрегатами системы управления и механизации Ту-154М и Ту-154Б

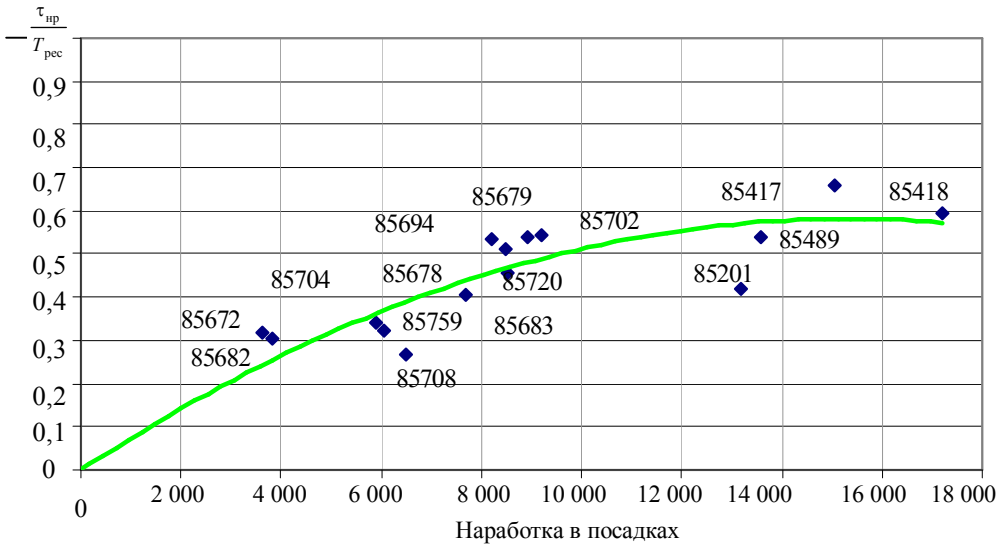


Рис. 4. Средняя относительная отработка ресурсов агрегатами шасси

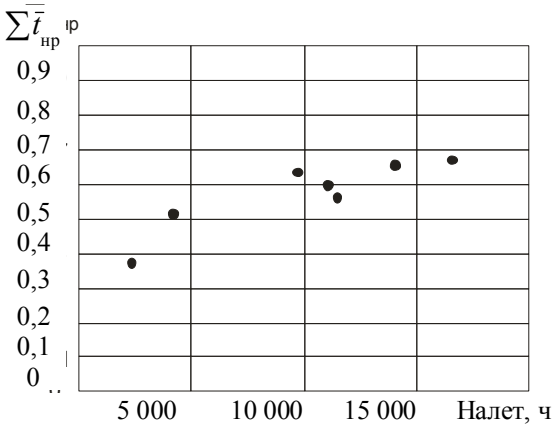


Рис. 5. Старение агрегатов трансмиссии вертолета Ми-8 по назначенному ресурсу

Прежде всего отметим, что агрегаты и комплектующие изделия функциональных систем по мере увеличения налета планера также увеличивают среднюю по системе отработку ресурсов, но только до величины 0,4…0,6 от их ресурсов. Следовательно, функциональные системы стареющих самолетов не стареют. Еще один важный вывод: налет планера, при котором стабилизируется относительная отработка агрегатами систем, зависит от ресурсов агрегатов. Ресурсы агрегатов вертолета существенно меньше, чем самолета, и стабилизация их средней относительной отработки наступает уже при 3 000 ч налета вертолета (рис. 5).

Стабилизация средней относительной отработки ресурсов у агрегатов функциональных систем определяется случайными процессами их плановых (по отработке ресурсов) и неплановых (вследствие отказов, неисправностей и т. п.) замен.

Отсутствие старения у функциональных систем дает основание для того, чтобы ставить вопрос об изменении как стратегий, так и режимов их технического обслуживания. Для получения обоснованного ответа на эти вопросы необходимо оценить надежность функциональных систем и ее изменение в процессе длительной эксплуатации самолетов.

При оценке надежности агрегатов и функциональных систем авторами была использована статистическая информация крупной авиакомпании, эксплуатирующей 15 самолетов Ту-154М

и Ту-154Б. Обработка этой информации выполнена по известным методикам [4; 5].

Здесь следует сделать важное замечание. Даже крупнейший эксплуатант России не может предоставить полную статистическую информацию для исследования вопросов надежности авиационной техники, в связи с чем в ряде случаев приходится мириться с ограниченностью объема этой инфомации.

После того, как был получен достаточный объем статистики отказов, строили ранжированные временные диаграммы, а затем гистограммы, которые аппроксимировали для получения зависимостей интенсивностей отказов $\lambda(t)$ в функции наработки. При этом вероятность отказа агрегата $P(t)$ рассчитывали по выражению

$$P(t) = e^{\int_0^t \lambda(t)dt}. \qquad (3)$$

В практике эксплуатации самолетов часто наблюдаются агрегаты, имеющие малое число отказов, недостаточное для определения интенсивности отказов в функции времени, а также агрегаты, не имеющие отказов за весь период эксплуатации.

В первом случае определение вероятности безотказной работы выполнено по выражению [5]

$$P(t) = e^{-\omega t}, \qquad (4)$$

где щ – параметр потока отказов, определяемый по средней наработке на отказ $T_{ср}$ в виде

$$\omega = \frac{1}{T_{ср}}. \qquad (5)$$

Для агрегатов, не имеющих отказов, рассчитывалось значение верхней доверительной границы вероятности отказа q_2 с доверительной вероятностью в по выражению [6]

$$q_2 = 1 - \sqrt[n]{2-\beta}, \qquad (6)$$

где n – число опытов.

Функциональные системы, как мы уже отмечали, включают в свой состав большое число агрегатов и имеют как полное, так и частичное резервирование. Например, гидросистема самолетов Ту-154М и Ту-154Б имеет трехкратное полное резервирование и шестикратное резервирование источников высокого давления. При расчете надежности систем их структурные схемы заменяли эквивалентными, а те, в свою очередь, – расчетными системами.

Результаты расчета надежности системы кондиционирования воздуха (рис. 6), гидросистемы (рис. 7) и топливной системы (рис. 8) позволяют сделать вывод, что приведенныеенки надежности функциональных систем получены при задании их агрегатам одинаковых наработок летных часов вплоть до максимальных, предусматриваемых нормативно-технической документацией. Но, как было показано ранее, одинаковая наработка агрегатов не реализуема. Более того, средняя по системе отработка ресурсов агрегатами не превышает 0,6. В связи с этим данные оценки надежности следует рассматривать как их нижние границы, характеризующие надежность функциональных систем в среднем по парку конкретного эксплуатанта. Кроме того, использование выражения (4) для оценки надежности агрегатов, имеющих малое число отказов, задает падающую характеристику их надежности, в то время как интенсивность их отказов л(t) вполне может быть уменьшающейся.

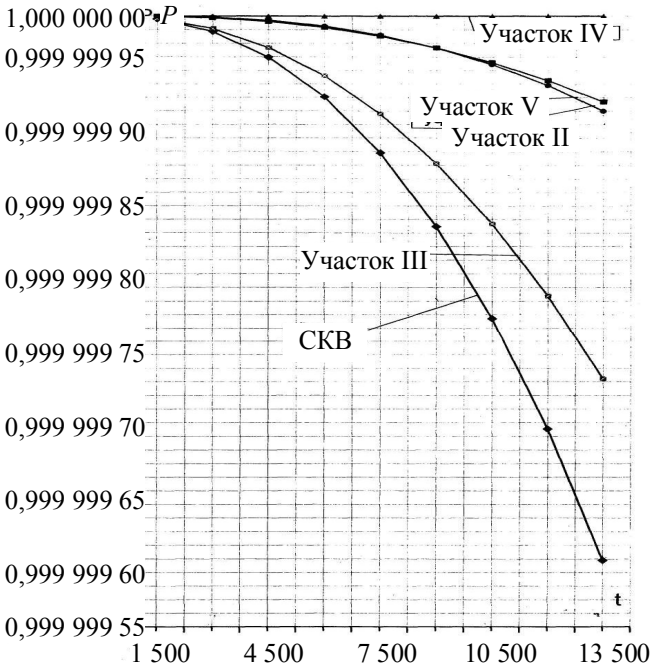


Рис. 6. Вероятность безотказной работы СКВ
(безотказные агрегаты взяты с $P(t) = 1$)

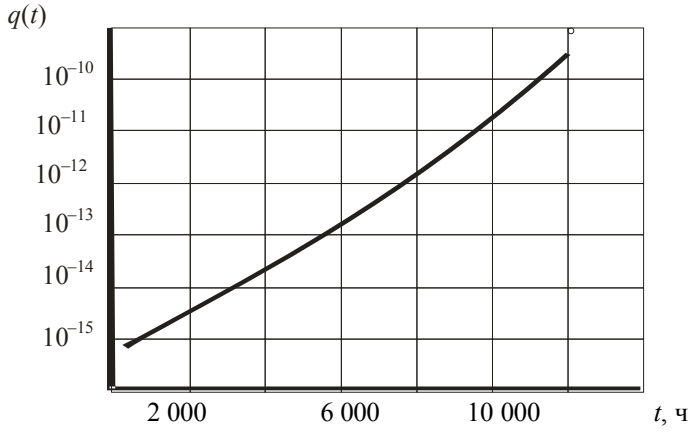


Рис. 7. Зависимость вероятности отказа на 1 ч полета от налета часов

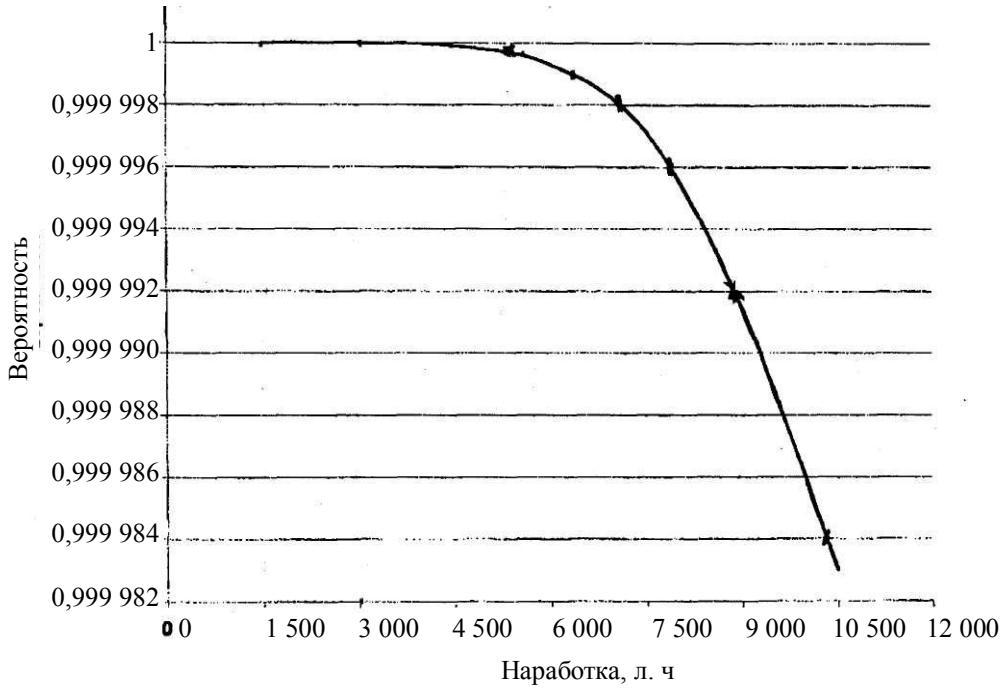


Рис. 8. Зависимость вероятности безотказной работы топливной системы от наработки

Полученные оценки (см. рис. 6…8) характеризуют надежность систем во всем рассматриваемом диапазоне наработки, определяемой по оси абсцисс. Но в Нормах летной годности даны допустимые значения вероятностей реализаций в полете особых ситуаций, вызванных отказами авиационной техники на 1 ч полета. Поэтому надежность функциональных систем в расчете на 1 ч будет существенно выше показанной на рис. 6…8.

Авторами выполнена оценка надежности функциональных систем некоторых экземпляров самолетов (мониторинг надежности). Так, для основной гидросистемы самолетов Ту-154М и Ту-154Б вероятность отказа определена в диапазоне $10^{-10}…10^{-13}$ при наработках агрегатов, соответствующих моменту времени мониторинга. Однако приведение результатов мониторинга надежности к 1 ч полета для сопоставления с требованиями Норм летной годности сопряжено с методическими трудностями и отсутствием нормативных материалов.

Эти трудности состоят в том, что для определения вероятности отказа на 1 ч полета ее значение может быть отнесено только к налету планера, что представляется некорректным, поскольку у разных агрегатов рассматриваемой системы налеты различны и могут быть существенно меньше. С другой стороны, кажется вполне возможным приведение показателей надежности агрегатов к 1 ч налета, а затем осуществление расчета надежности системы в целом. Однако тестовая задача расчета надежности системы из n одинаковых параллельно соединительных элементов, от-

работавших T ч, выявила ошибочность такого подхода в $\frac{1}{T^{n-1}}$ раз. При T = 10 000 ч и n = 4 это ошибка более чем существенна.

Для эксплуатантов большой интерес представляет изменение надежности функциональных систем при продлении ресурсов их агрегатам. Выполненные авторами расчеты дали возможность установить, что увеличение наработки насосной станции НС-46-2 на 1 000 ч сверх межремонтного ресурса увеличивает вероятность отказа основной гидросистемы на $0{,}5 \cdot 10^{-8}$ %. При продлении на 1 000 ч ресурсов гидроаккумуляторам надежность гидросистемы уменьшается на $0{,}49 \cdot 10^{-7}$ %. Увеличение наработки всем плунжерным гидронасосам НП-89 на 1 000 ч увеличивает вероятность отказа системы на $1{,}6 \cdot 10^{-7}$ %. А если увеличить наработку всем агрегатам гидросистемы на 1 000 ч, то ее надежность снизится на $2{,}05 \cdot 10^{-7}$ %. Подобным образом на продление ресурсов их агрегатам реагируют и другие функциональные системы самолета.

Таким образом, представленные в данной статье результаты дают основание эксплуатантам ставить вопросы об изменении подходов к выбору стратегий и режимов технического обслуживания функциональных систем, длительно эксплуатирующтхся самолетов гражданской авиации.

Библиографический список

1. Гипич, Г. Н. Некоторые вопросы современного состояния развития авиационной деятельности в России / Г. Н. Гипич, Ю. М. Чинючин // Науч. вест. Мос. гос. техн. ун-та. гражд. авиации. 2004. № 9(75). С. 5–10 .

2. Гипич, Г. Н. Обоснование и разработка концепции поддержания летной годности гражданских воздушных судов при эксплуатации : дис. … канд. техн. наук / Г. Н. Гипич. М., 2001. 259 с.

3. Методика автоматизированного контроля, анализа и подготовки решений по управлению уровнем надежности агрегатов и комплектующих изделий самолета типа Ту-154, эксплуатируемых по техническому состоянию : утв. гл. конструктором А. С. Шенгардтом / КБ им. А. Н. Туполева. М., 2001. 47 с.

4. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов / Н. Н. Смирнов, А. М. Андронов, Н. И. Владимиров, Ю. И. Лемин. М. : Транспорт, 1974. 304 с.

5. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. М. : Транспорт, 1995. 245 с.

V. L. Medvedev, A. G. Zosimov, L. G. Shaymardanov

RELIABILITY OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS OF LONG EXPLOITING CIVIL AVIATION AIRPLANES

The questions of getting old and changing of the functional systems reliability of the long exploited civil aviation airplanes are considered.

УДК 681.3

Р. В. Мещеряков, С. К. Росошек, А. А. Шелупанов, М. А. Сонькин

ЗАЩИЩЕННАЯ СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПАКЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА

Рассматривается сеть передачи данных в системе с ограниченными ресурсами при распределенной организации обработки информации для различных режимов работы. Приводится сравнительный анализ вычислительной сложности и требуемых объемов памяти.

В настоящее время существует множество различных сетей и систем передачи данных. Тем не менее остаются нерешенными вопросы передачи данных в труднодоступные районы. Очевидно, что имеющиеся решения с использованием современных средств передачи данных в настоящее время достаточно дорогие. Необходимо отметить, что фирмой ООО «Инком» разработан пакетный контроллер «ВИП-М», позволяющий в пакетном режиме передавать цифровую информацию посредством использования существующих сетей передачи данных (рис. 1). Вместе с тем при передаче конфиденциальной информации согласно [1] необходимо проводить криптографические преобразования по ее закрытию. Основные концепции по встраиванию криптографических функций в ВИП изложены в [2].

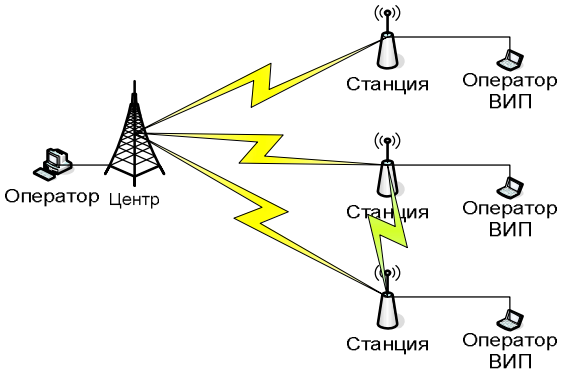


Рис. 1

Криптографическое обеспечение. Согласно действующему законодательству в Российской Федерации допущен к применению только ГОСТ 28147–89. «Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования» [3]. Размер ключей шифрования составляет 256 бит, блок обработки – 64 бит. Особенностью данного алгоритма является принадлежность к группе симметричных криптографических алгоритмов, что подразумевает наличие одного и того же ключа у абонентов системы.

ГОСТ 28147–89 подразумевает наличие четырех видов использования криптосхемы:

– зашифровывание (расшифровывание) данных в режиме простой замены;

– зашифровывание (расшифровывание) данных в режиме гаммирования;

– зашифровывание (расшифровывание) данных в режиме гаммирования с обратной связью;

– режим выработки имитовставки.

Криптографические преобразования имеют значительную сложность (что при ограниченных вычислительных ресурсах особенно важно), и в целях унификации и обеспечения независимости функции приема/передачи информации целесообразно разнести (рис. 1). Также необходимо обеспечить возможность передачи ключа в криптопроцессор, минуя устройство приема/передачи информации, и через него [2].

Кроме того, использование всех четырех видов криптосхемы в различных комбинациях с дополнительными условиями повышает криптографическую стойкость. Режим выработки имитовставки с некоторыми доработками не только обеспечивает проверку целостности передаваемого сообщения, но и авторство передаваемого сообщения, и отказаться от схемы использования электронно-цифровой подписи согласно ГОСТ 34.10–2001, реализация которого требуют существенно больших вычислительных ресурсов по сравнению с режимом симметричного шифрования, нет необходимости.

Взаимодействие абонентов защищенной сети. В базовой схеме работы пакетного контроллера существуют 2 режима работы:

– связь «точка-точка», позволяющая обеспечивать обмен информацией двух абонентов системы при наличии установившегося канала передачи данных;

– связь «широковещательное оповещение», позволяющая передавать информацию от одного абонента одномоментно нескольким абонентам системы.

В каждом из режимов определен инициатор связи, называемый «Центр и Абонент системы (А)». В зависимости от накладываемых функций на криптопроцессор можно выделить основные технологии его использования. Таким образом, при различных реализациях алгоритмов может быть реализовано несколько режимов работы защищенной сети на основе пакетного контроллера. При этом одним из наиболее важных элементов работы сети является начальный режим работы сети. Необходимо отметить, что режимы работы сети зависят от возможностей криптографического процессора, которые формируют общий ключ симметричного криптографического алгоритма.

Сеанс связи «точка-точка» (рис. 2). Криптопроцессору принадлежит встроенный датчик случайных (псевдослучайных) чисел ДСЧ (ДПСЧ). В Центре имеется библиотека чисел p и α, кото-

рые определяют основные параметры выработки общего ключа (рис. 3). Так как размер библиотеки значительно ограничен, то используется расширение числа p посредством имитовставки: $p' = h(p)$, что позволяет увеличить длину ключа. Затем с помощью ДСЧ (ДСПЧ) выбирает случайное целое число x в интервале $1 < x < p$ и вычисляет $\gamma = \alpha^x \bmod p$. Соответственно для γ также применяется функция имитовставки $\gamma' = h(\gamma)$. Получившаяся тройка $< p', \gamma', \alpha >$ передается по открытому каналу абоненту (рис. 3, направление 1).

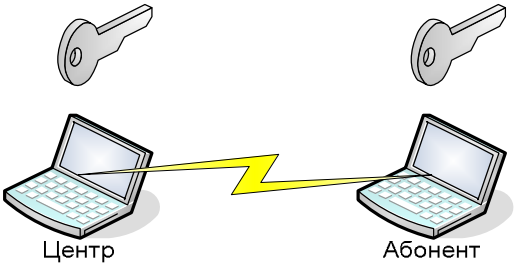


Рис. 2

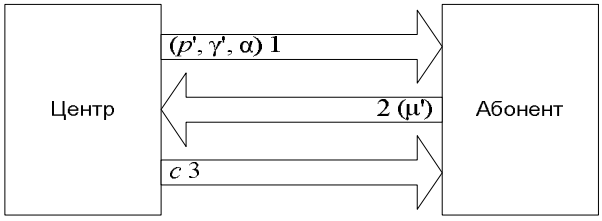


Рис. 3

Абонент после получения тройки $< p', \gamma', \alpha >$ убирает имитовставки и получает тройку $< p, \gamma, \alpha >$. Затем Абонент выбирает случайное целое y в интервале $1 < y < p$, вычисляет $\mu = \alpha^y \bmod p$, делает имитовставку для μ и полученное число μ' отправляет в Центр. Абонент вычисляет общий с Центром ключ $K = \gamma^y \bmod p = \alpha^{xy} \bmod p$ (рис. 3, направление 2). С другой стороны, Центр, получив μ' от Абонента, убирает имитовставку, получает μ и вычисляет общий с Абонентом ключ: $K = \mu^x \bmod p = \alpha^{yx} \bmod p$.

Центр шифрует ключом К соответственно ГОСТ 28147–89 сообщение m и $c = K(m)$ и передает информацию Абоненту (рис. 2, направление 3).

Дальнейшая пересылка может идти в обоих направлениям, так как у Абонента и Центра имеется общий ключ. Получив шифртекст c, Абонент применяет $K(c) = m$.

Таким образом, генерация и использование ключей осуществляется только на период одного сеанса связи. Особые действия при компрометации ключей не требуются – потеря одного аппарата может быть легко блокирована посредством определения его адреса, обязательного к использованию при обмене информацией между абонентами.

Сеанс связи «широковещательно оповещение» (рис. 4). Криптопроцессору принадлежит встроенный датчик случайных (псевдослучайных) чисел ДСЧ (ДПСЧ). В Центре, как и в случае с сеансом связи «точка-точка», имеется библиотека чисел p и α, которые определяют основные параметры выработки общего ключа. Затем расширяется число p посредством имитовставки: $p' = h(p)$, что позволяет увеличить длину ключа. Затем с помощью ДСЧ (ДСПЧ) выбирает случайное целое число x в интервале $1 < x < p$ и вычисляет $\gamma = \alpha^x \bmod p$. Соответственно для γ также применяется функция имитовставки $\gamma' = h(\gamma)$. Получившаяся тройка $< p', \gamma', \alpha >$ передается по открытому каналу всем абонентам системы $A_1, A_2, \ldots, A_n$. Каждый из абонентов A_i ($i = 1 \ldots n$) после получения от Центра тройки $< p', \gamma', \alpha >$ убирает имитовставки и получает тройку $< p, \gamma, \alpha >$. Затем каждый Абонент A_i выбирает случайное целое y_i в интервале $1 < y_i < p$, вычисляет $\mu_i = \alpha^{yi} \bmod p$, делает имитовставку для μ_i и полученное число μ_i' отправляет в Центр. Затем каждый Абонента A_i вычисляет общий с Центром ключ $K_i = \gamma^{yi} \bmod p = \alpha^{xyi} \bmod p$.

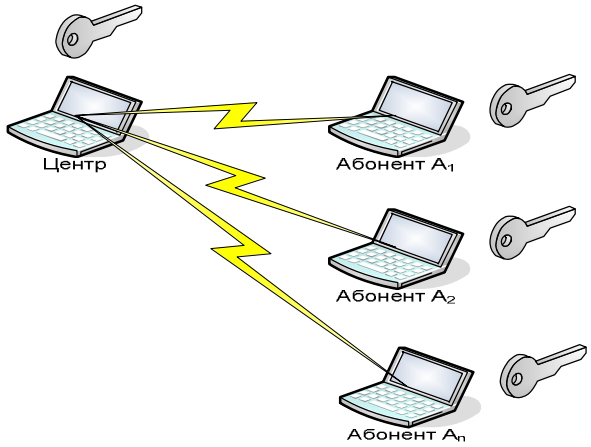


Рис. 4

С другой стороны, Центр, получив от каждого Абонента A_i обратную посылку μ_i', убирает имитовставку и получает набор значением μ_i. Затем для каждого Абонента A_i вычисляет общий с каждым Абонентом ключ: $K_i = \mu_i^x \bmod p = \alpha^{yix} \bmod p$.

После выполнения всех действий по установке общих парных ключей K_i Центр для каждого из Абонентов A_i шифрует сообщение m собственным ключом K_i по ГОСТ 28147–89 и получает n сообщений $c_i = K_i(m)$ и передает Абонентам A_i.

Соответственно, принимая сообщения, Абонент выбирает собственное сообщение c_i и расшифровывает парным ключом K_i путем обратного преобразования $K_i(c_i) = m$.

Таким образом, генерация и использование ключей осуществляет только на период одного сеанса связи. Важное требование: ключ Центра с каждым абонентом системы уникален. Использование одного и того же ключа для связи с различными абонентами существенно уменьшает криптографическую стойкость схемы и она не должна быть использована. Схему, состоящую в том, что на сеансовых ключах передать всем абонентам один ключ шифрования и далее использовать его

для информационного обмена нельзя, либо крайне нежелательно, не применяют. Особых действия при компрометации ключей не требуется, так как *потеря* одного устройства приема/передачи может быть легко блокирована посредством определения его адреса, обязательного к использованию при обмене информацией непосредственно из Центра. Как видно из предложенной схемы, работа в режиме «широковещательного оповещения» может быть сведена к режиму «точка-точка», далее будем рассматривать только эту схему.

Сеанс связи «точка-точка» с использование главного ключа (рис. 5). Криптопроцессор не имеет встроенного датчика случайных (псевдослучайных) чисел ДСЧ (ДПСЧ). Для повышения надежности криптографической схемы, а также уменьшения нагрузки на криптографический процессор пакетного контроллера в некоторых случаях целесообразно исключить датчик случайных (псевдослучайных) чисел из криптографического процессора пакетного контроллера абонента. В этом случае только в Центре имеется ДСЧ (ДПСЧ), с помощью которого до начала информационного обмена на ключевой носитель генерируется Главный Ключ (ГК) $K_{ГК}$. Один экземпляр ГК передается абоненту системы А, другой остается в Центре. Чтобы повысить стойкост ГК, он используется только для передачи сеансового ключа.

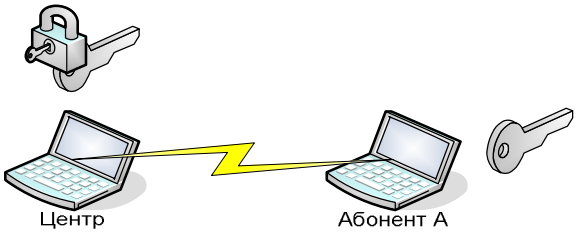


Рис. 5

На первом этапе Центр генерирует сеансовый ключ K_C, шифрует ключ $s = K_{ГК}(K_C)$ (рис. 6), затем посредством имитовставки получает сообщение s' (рис. 6, направление 1). Абонент, получив от Центра сообщение s', убирает имитовставку, расшифровывает сообщение, являющееся сеансовым ключом, $K_C = K_{ГК}(s)$. Используя сеансовый ключ K_C, абонент шифрует сообщение m, получает соответствующее ему зашифрованное сообщение $c = K_C(m)$ и передает в Центр (рис. 6. направление 2). Центр, получив шифрованное сообщение c применяет $m = K_C(c)$, тем самым приобретая исходное сообщение m.

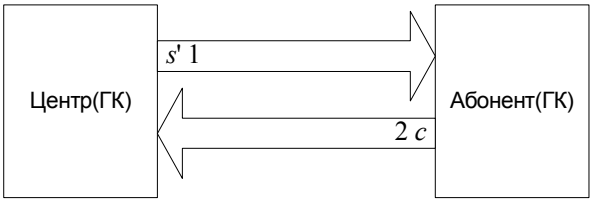


Рис. 6

В случае компрометации ключа требуется смена Главного Ключа, ключи считаются скомпрометированными и использованию более не подлежат. Ключевой носитель может иметь несколько ГК. Различные гК могут располагаться на нескольких ключевых носителях и использоваться в различных режимах работы криптопроцессора.

Сеанс связи «точка-точка» с использованием одноразового блокнота (рис. 7). Криптопроцессор не имеет встроенного датчика случайных (псевдослучайных) чисел ДСЧ (ДПСЧ). Можно несколько упростить предыдущую схему, уменьшив количество генераций случайных (псевдослучайных) последовательностей путем использования схемы «одноразовый блокнот». Так, в Центре имеется ДСЧ (ДПСЧ), с помощью которого до начала информационного обмена на ключевой носитель генерируется Гамма шифра (Г). Один экземпляр Гаммы шифра передается абоненту системы, другой остается в Центре в виде блокнота U. Для повышения стойкости Гамма шифр Г используется исключительно для передачи сеансового ключа и его параметров.

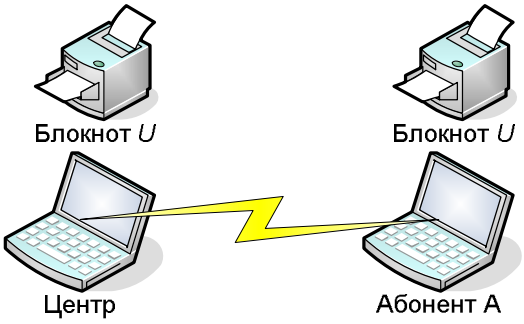


Рис. 7

Таким образом, опишем последовательность установки общего ключа: Центр генерирует сеансовый ключ K_C и режим гаммирования R, затем применяет по режиму R гаммирование (например, функцию «исключающего или», XOR), $s = K_C \oplus Г®$, посредством имитовставки получает сообщение s', Центр передает $< s', R >$ абоненту системы (рис. 8, направление 1).

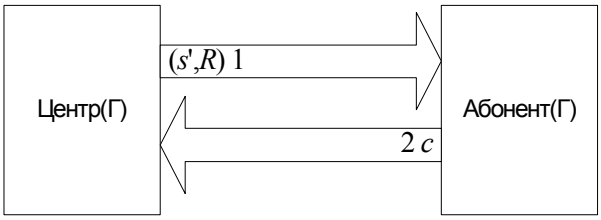


Рис. 8

Абонент, получив пару сообщений $< s', R >$ убирает имитовставку, применяет функцию, обратную гаммированию $K_C = s \oplus Г®$, и сообщение, являющееся сеансовым ключом. Используя сеансовый ключ K_C, абонент шифрует сообщение m и $c = K_C(m)$ и передает в Центр. На последнем этапе Центр получает шифртекст c и применяет $m = K_C ©$.

В случае компрометации ключевого носителя, хранящего Гамму, Гаммы заменяют. Ключевой носитель может иметь любое количество сколько

угодно больших Гамм (единственным ограничением является объем имеющейся памяти) и множество режимов гаммирования, что существенно повышает стойкость.

В случаях, описанных выше Центр должен иметь программное и аппаратное обеспечение для генерации Главного Ключа и Гаммы соответственно. Для хранения ключей допускается применять ПЭВМ Центра, а для криптопреобразований – криптопроцессор.

Расчет нагрузки узлов сети. При учете значительных ограничений на ресурсы криптографического процессора необходимо оценить вычислительные затраты и требуемые объемы памяти для реализации криптографических преобразований.

Оценка вычислительных затрат. Затраты в схеме 1 для Центра и Абонента будут одинаковыми. Учитывая возможности используемого процессора, можем принять следующее:

$$Z = K_s B + K_v \sqrt{B} + K_i B ,$$

где Z – вычислительные затраты; B – длина ключа в битах; K_s – коэффициент, определяющий вычислительные затраты генерации случайного (псевдослучайного числа); K_v – коэффициент, измеряющий вычислительные затраты возведения в степень и взятие по модулю числа; K_i – коэффициент, устанавливающий вычислительные затраты на операцию имитовставки.

Необходимо отметить, что размерность ключа в битах не всегда соответствует максимально допустимой размерности криптографического процессора для выполнения операций за одну команду. В случае если ключ должен быть разбит на K блоков, то длину ключа в битах необходимо считать как $B' = 2^K B$.

Для схемы 2 отличительной особенностью является то, что Центр будет производить затрат в n раз больше, чем в схеме 1.

Для заданной величины битности Центра и Абонента используемого процессора, получены значения в относительных единицах (рис. 9).

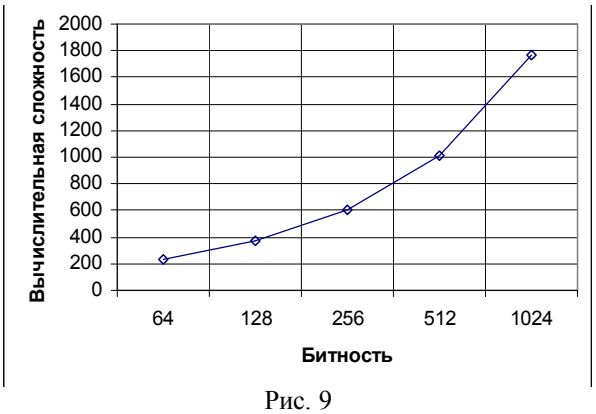


Рис. 9

Для схемы 3 Центра формула упростится:

$$Z = K_s B + K_i B + K_c B ,$$

где Z – вычислительные затраты; B – длина ключа в битах; K_s – коэффициент, измеряющий вычислительные затраты генерации случайного (псевдослучайного числа); K_i – коэффициент, определяющий вычислительные затраты на операцию имитовставки; K_c – коэффициент, устанавливающий вычислительные затраты на шифрование сеансового ключа.

Для криптографического процессора, работающего по схемам 2 и 3 (рис. 10), приведены значения вычислительной сложности в относительных единицах для Центра и Абонента системы. Значения коэффициентов для расчета приняты одинаковыми с вариантом расчета схемы 1.

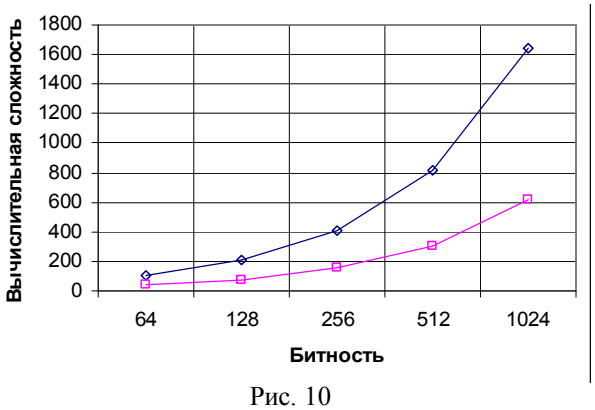


Рис. 10

Необходимо отметить, рост функции для схемы 3 происходит быстрее, чем для схемы 2, учитывая, что процессоры с битностью более 256 имеют большую стоимость. Для Абонента системы вычислительная сложность установки общего ключа примет вид $Z = K_i B + K_c B$.

Для схемы 4 вычислительная сложность будет рассчитываться по выражению

$$Z = K_s B + K_i B + K_\Gamma B ,$$

где Z – вычислительные затраты; B – длина ключа в битах; K_s – коэффициент, измеряющий вычислительные затраты генерации случайного (псевдослучайного числа); K_i – коэффициент, определяющий вычислительные затраты на операцию имитовставки; K_Γ – коэффициент, устанавливающий вычислительные затраты на гаммирование.

Общая функциональная зависимость будет подобна режиму 3.

Необходимо отметить, что после установления общего парного ключа Центра и Абонента системы вычислительная сложность операций шифрования и расшифрования сообщений будет зависеть от реализации ГОСТ 28147–89 [3]. Можно однозначно сказать, что скорость операций шифрования и расшифрования сообщений менее скорости установки общего ключа.

Оценка требуемых объемов памяти. Для хранения ключевой информации и параметров ее получения необходима долговременная память, для вычислимых действий – оперативная память. Объемы требуемой памяти в зависимости от битности параметров и передаваемых сообщений приведены в таблице:

Память для хранения	Схема 1		Схема 2		Схема 3		Схема 4	
	Центр	Абонент	Центр	Абонент	Центр	Абонент	Центр	Абонент
Ключа	$2B$	$2B$	$2B$	$2B$	B	B	UB	UB
Имитовставки или гаммы шифра	hB	hB	hB	hB	hB	hB	$ГB$	$ГB$
Оперативной информации для установления общего ключа	$7B+3(1+h)B$	$7B+3(1+h)B$	$(n+1)(7B+3(1+h)B)$	$7B+3(1+h)B$	$2B+(1+h)B$	$2B+(1+h)B$	$2B+(1+h)B$	$2B+(1+h)B$
Передаваемые сообщения для установления общего ключа	$B+2(1+h)B$	$B+2(1+h)B$	$B+2(1+h)B$	$B+2(1+h)B$	$(1+h)B$	0	$B+(1+h)B$	0
Передачи сообщений	lB	lB	lB	lB	lB	lB	lB	lB

Примечание: B – битность ключа, h и $Г$ – коэффициенты увеличения ключа (имитовставки и Гаммы соответственно), U – коэффициент хранения одноразового блокнота, l – величина передаваемого сообщения.

Необходимо отметить, что в данном случае приведены базовые значения. В случае если процессор не имеет возможности работать с данными размерностью B и $(1 + h)B$, то необходимо увеличивать требуемую размерность оперативной памяти в $(K–1)$ раз, где K – количество делений обрабатываемых блоков информации.

С другой стороны, в приведенной таблице выделяются действия только для установления общего ключа. Размерность для проведения операций шифрования и расшифрования при реализации ГОСТ 28147–89 [3] жестко регламентирована и может быть незначительно оптимизирована, поэтому в данной работе этот вопрос не отражен.

Таким образом, В ходе проведения работы были получены результаты по реализации криптографических функций в системах с ограниченными параметрами. Проведен детальный анализ схем установления общего ключа. Рассчитаны оценочные значения требуемых вычислительных ресурсов, а также требуемой памяти для хранения информации.

Библиографический список

1. Основы информационной безопасности / Е. Б. Белов, В. П. Лось, Ф. В. Мещеряков и др. М. : Горячая линия – Телеком, 2006. 544 с.

2. Встраивание криптографических функций в систему связи с ограниченными ресурсами Р. В. Мещеряков, А. А. Шелупанов, С. К. Росошек, С. С. Бондарчук // Вопросы защиты информации. 2004. № 2. С. 22–25.

3. ГОСТ 28147–89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. М. : Изд-во стандартов, 1989.

R. V. Mescheriakov, S. K. Rososhek, A. A. Shelupanov

THE PROTECTED DATA TRANSMISSION NETWORK ON THE MESSAGE CONTROLLER BASIS

It is covered a data transmission network in system with the limited resources at the distributed organization of information processing for various operating modes. It is carried out comparative analysis of a computing complexity and demanded memory sizes.

УДК 378.1

М. В. Мичурин

ПРОБЛЕМА ВЗАИМООТНОШЕНИЙ «УЧИТЕЛЬ – УЧЕНИК» В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ

Раскрыты различные подходы к диалектике отношений «преподаватель – студент», «студент – студент», и выявлен механизм этих взаимоотношений в условиях педагогического сопровождения.

Современные исследования показывают, что почти каждый молодой человек 15–24 лет, попадая в массовые институты (колледж, вуз, армия и пр.), испытывает проблемы адаптации, так как его прежние навыки являются неадекватными, точнее – нетождественными требованиям представленных учреждений.

Системно-аналитические исследования последних лет в области физиологии показали огромную сложность диагностики функционального состояния организма студента и позволили сформулировать основной подход к оценке его психофизиологического статуса [1; 2]. Конкретные пути к достижению этой цели были открыты теорией функциональных систем, предложенной П. К. Анохиным и творчески развиваемой в настоящее время К. В. Судаковым [1] применительно к анализу физиологических процессов человека в различных условиях его деятельности. Для изучения сложных динамических объектов представляется перспективным системно-симметрийный подход с использованием методов распознавания образов [1. С. 4–5].

Накопленный опыт экспериментальных исследований на основе полипараметрического метода диагностики функциональных состояний побудил экспертов использовать его для изучения динамики развития адаптационного синдрома у человека. В качестве стрессорного фактора использовалась ситуация экзаменационной сессии у студентов 2-го курса медицинского института. По данным исследований составлена следующая диаграмма (рис. 1), на которой четко видно, что 84 % студентов (44 % + 40 %) находятся в период семестра в состоянии перенапряжения и нарушения адаптационных процессов. Гистограммы распределения студентов по классам адаптационного синдрома перед экзаменами и после указывают на определенные статистически достоверные сдвиги функционального состояния: основная часть обследованных студентов перед экзаменом находилась в состоянии срыва и перенапряжения адаптационных процессов. Динамика адаптационного синдрома в условиях экзаменационной сессии обнаруживала не только количественные сдвиги распределения студентов по классам состояний, но и качественные.

Необходимо также отметить, что молодежь студенческого возраста, определенного рамками 17–23 лет, все еще находится в фазе физиологического формирования и гормональные процессы в этот период достаточно сильны. Часто подобные процессы действуют на мыслительную деятельность и функцию центральной нервной системы, что не может не влиять на поведение обучающегося [15].

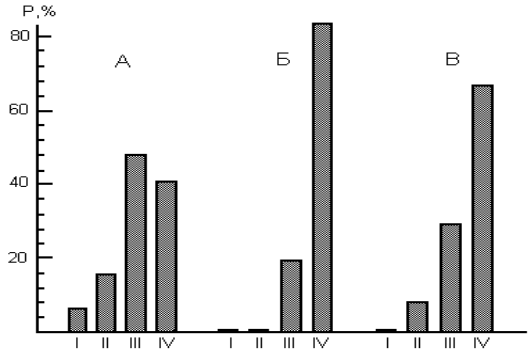


Рис. 1. Распределение студентов по классам (I–IV) функциональных состояний по результатам полипараметрического обследования (диагностики и анализа состояния индивидуального здоровья) в период семестра (А), перед (Б) и после (В) экзаменов

Сложность адаптационных процессов, происходящих в рамках новой социально-экономической системы, требует и соответствующей системы школьного и вузовского образования, где будут созданы образовательные условия для получения учащимися и студентами образования в соответствии с их индивидуальными проблемами.

Современного успешного человека можно представить как субъекта, способного к самоопределению в ситуации повышенной динамичности происходящих процессов, у которого на основе образования сформирована позиция свободного выбора форм и способов деятельности и который способен разрешать различные проблемы. В настоящее время перед студентами вузов России стоит широкий спектр проблем, вызванных рядом причин как внутреннего, так и внешнего характера. В процессе педагогического сопровождения отдельного студента или учебной группы могут возникать различные препятствия, задачи, вопросы, которые при адекватном решении помогают получить полезный опыт в приобретении определенных навыков. В противном случае ситуация может перерасти в нерешаемую, что может привести студентов к отторжению процесса обучения в целом.

Имеется и другой взгляд на эту проблему. На сайте http:/ua.trainings.ru она рассматривается как конфликт между желаемым и действительным, между тем, «что есть», и тем, как «должно быть» в представлении человека. Если перенести данную трактовку на среду классического вуза, то возникает некоторое указание на то, что «уже есть» и как оно должно сочетаться с тем, что может и должно быть, что это напрямую касается проблемы взаимоотношений участников образовательного процесса. Данное взаимоотношения во многом определяют дальнейшее комфортное пребывание человека в будущей профессиональной деятельности, его готовность нестандартно решать проблемы в сложных производственных и коммуникативных ситуациях, а также его субъектное бытие в процессе взаимодействия с другими людьми.

Анализ проблем, возникающих у студентов (особенно младших курсов), позволил выделить наиболее важные из них.

Высокие учебные нагрузки. Современные студенты, особенно приезжие, не всегда способны выдержать большие объемы учебной нагрузки в высшем учебном заведении. «Добавьте к этому интенсивные *учебные нагрузки*, личные проблемы, связанные с *адаптацией* к условиям и требованиям вуза, тем более такого, как МГИМО, где по шесть пар в неделю первого языка, плюс три пары второго языка, плюс третий язык, множество других предметов, секции...» [3].

*Проблемы адаптации***.** По результатам исследования, проведенного на этапе адаптации студентов 1-го курса Северо-Кавказкого государственного технического университета к условиям образовательного пространства вуза, 70 % первокурсников не могут приспособиться к изменившимся обстоятельствам. Для 65 % студентов 1-го курса юридической и технических специальностей трудности адаптации личности в новой жизненной ситуации обусловлены затруднениями в решении экзистенциальных проблем [4]. Некоторые из проблем могут быть связаны с возрастом студента, что подтверждает и комментарий И. А. Логинова: «…нынешние студенты часто еще совсем дети. Даже по возрасту – в институт поступают сейчас уже в 15–16 лет, в то время как раньше нормой были 17–18» [3].

Одиночество. Современные студенты, особенно приезжие, остро нуждаются в психологической поддержке: «К примеру, тех, кто приехал с Севера, из Сибири, с Дальнего Востока, Москва может просто шокировать. Новый уклад, новые лица, новые отношения – в этом можно потеряться. Кроме того, родителей рядом нет, а что касается новых друзей... тут возможны самые разные проблемы. Многие сегодня очень остро переживают *одиночество*. Таким ребятам необходима помощь» [3].

Безразличие. «Современные люди в своих действиях руководствуются зачастую только одним принципом: мне абсолютно *безразлично*, что будет через 20–30 лет» [3]. По нашему мнению, *безразличие* доминирует у студентов младших курсов. Субъективное оценивание и стереотипное мышление часто связано с моделями, которые студенты вуза берут из ненадежных источников, в которые искренне верят. В России данная ситуация тесно связана с общим культурным кризисом, включающим такие недостатки современной молодежи, как нежелание читать, работать, а также перманентное ожидание помощи от кого-либо.

Отсутствие обратной связи. Многие талантливые студенты отказываются от своих убеждений в силу авторитетной установки преподавателя. Данная проблема также находит свое отражение в диалектике отношений «учитель – ученик». В чем же состоит причина этой проблемы? Мы считаем, что инициатор осуществления обратной связи преподавателя с аудиторией ищет некую истину, которая свидетельствовала бы о качестве познавательного процесса. Он получает такое «свидетельство», причем достаточно объективное. Нередки случаи, когда сам преподаватель, чья работа подвергается оценке, уверен, что он не нуждается в обратной связи с аудиторией. Он может искренне полагать, что он вполне владеет «истиной», сопрягаемой с качеством его работы, хотя, на самом деле, он владеет не абсолютной истиной, а «правдой», которая выражает его собственное понимание своей профессиональной значимости (например, он здесь работает очень давно, не имеет замечаний, его уважают, он был участником каких-то важных событий в жизни учреждения и т. п.). В связи с этим можно привести цитату из сборника статей «Образы образования» («Факел»): «Учитель должен наконец понять, что он знает не все!» [5]. Внутренний мир и особенности студента излагают сущность его личности и показывают современный культурный уровень молодого человека. Но часто этот уровень может рассматриваться старшим поколением (в данном случае педагогами) как неадекватный.

Неактивность личности. Многие студенты, особенно студенты 1–2-го курсов, могут испытывать проблемы активности личности – активной жизненной позиции человека, выражающейся в его идейной принципиальности, последовательности в отстаивании своих взглядов, единстве слова и дела. По мнению А. А. Парахина, разная степень активности человека играет основную, если не главную роль, в развитии его способностей, достижении высоких результатов в том или ином виде деятельности [6]. Можно предположить, что преподавательский состав часто путает низкую активность студентов с их психической или академической отсталостью. Это в свою очередь может вызвать неадекватную реакцию со стороны студентов: прогулы, грубость, безразличие и пр.

Неспособность к самоопределению и общественному самоотождествлению (проблема идентичности личности). Эта проблема проявляется в том. что часто студенты не способны ответить на вопрос психологического теста «Кто я?», что в свою очередь показывает низкий уровень идентичности и может влиять на активность личности.

Проблема индивидуализации. Много проблем возникает у младших студентов в процессе собственной индивидуализации [7]. По мнению М. Г. Контобойцевой, возможность осуществления индивидуализации, т. е. ее превращения в действительность, зависит от ряда объективных и субъективных условий. В основу этого процесса положен личностно-деятельностный подход, согласно которому личность каждого студента представляет собой индивидуальную неповторимость, проявляющуюся и развивающуюся в деятельности при создании определенных условий как в коллективной, так и в индивидуальной формах учебной работы [7]. Соглашаясь с этим мнением, мы хотим подчеркнуть, что сопровождение может осуществляться в рамках коллективного и индивидуального подходов, что позволяет достигнуть приемлемого взаимодействия и обратной связи в диалектике отношений «учитель – ученик».

Психологические проблемы. Говоря о психологических проблемам личности студента необходимо отметить, что по психической направленности человек может быть либо экстравертом, либо интровертом, что приводит к сложности во взаимодействии при педагогическом сопровождении из-за не соответствия направленностей студентов и педагогов. Мы полагаем, что многие педагоги сегодня не могут объективно оценивать поведение студентов из-за их психической дифференциации, вследствие чего возникают проблемы недопонимания и отторжения.

Профессиональные проблемы. Рассуждая о профессиональной проблеме самоопределения личности, мы согласимся с мнением И. И. Басхаевой, которая считает, что развитие студента в период подготовки возможно при условии, если он будет предварительно ориентирован на «нормативную цель» или на модель профессионала [8]. Необходимо отметить и то, что студенты сами не всегда способны определять себя целостно. Зачастую многие из них даже не могут определять свою образовательную цель, и в данном случае их должны сопровождать профессиональные педагоги.

Все представленные выше проблемы могут быть решены путем адекватного взаимодействия в педагогическом сопровождении студентов. В контексте этих проблем особую ценность имеют работы М. Мид. В них рассмотрены три типа культур в обществе: префигуративная, кофигуративная и постфигуративная. Для всех трех типов процесс сопровождения и поддержки имеет разные цели и задачи [9].

Для *префигуративной* культуры (рис. 2) свойственна цикличность в передаче опыта от старшего поколения к младшему, или, проще говоря, «от деда – к внуку» и т. д., причем без изменений. Такая структура традиционна и незыблема. Старший всегда объективен и отношения имеют характер «от субъекта к объекту» [9].

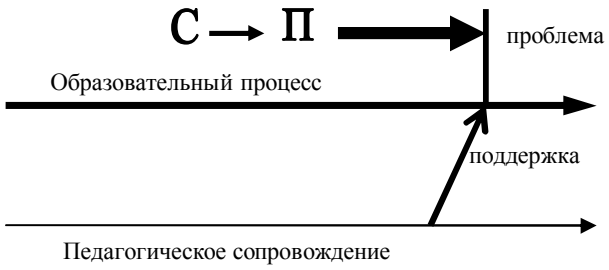


Рис. 2. Схема префигуративной культуры:
П – преподаватель; С – студент

В префигуративной культуре процесс взаимодействия приобретает характер авторского решения проблемы педагогом. Студент получает знания от педагога, и проблема решена не студентом, а педагогам.

В *кофигуративной культуре* (рис. 3) появляется некоторая согласованность действий старшего и младшего, но при этом мнение старшего все так же незыблемо, хотя молодое поколение тоже находит свое отражение и востребованность в данном обществе [9]. В России это явление нашло свое отражение в советский период. А наиболее ярко оно проявилось в постперестроечный период середины 90-х гг., когда учащиеся начали сталкиваться с несоответствием школьных и университетских знаний с жизненными нормами.

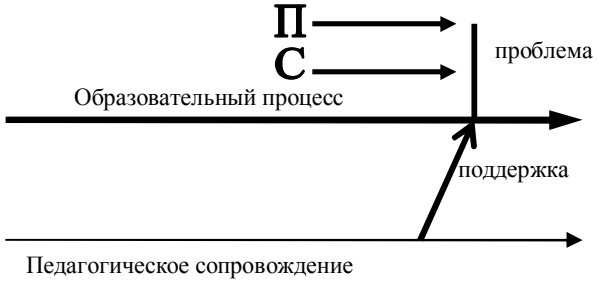


Рис. 3. Схема кофигуративная культура

В кофигуративной культуре оба участника стремятся решить проблему, но оторваны друг от друга. Противоречия могут возникнуть при сведении двух противоположных мнений для преодоления данного препятствия.

Постфигуративная культура (рис. 4) являет собой взаимодействие и сотрудничество в образовательном процессе, когда оба поколения равно воздействуют друг на друга и обучение происходит обоюдно. Приоритетность традиционного знания подкрепляется точно такой же приоритетностью современного знания [9].

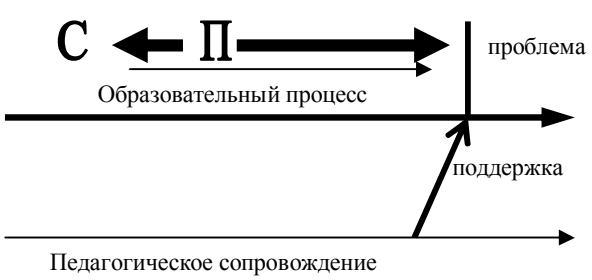


Рис. 4. Схема постфигуративной культуры

В постфигуративной культуре оба участника конструктивно взаимодействуют в решении проблемы. Каждый из них принимает сторону другого, и фактор самостоятельности решения проблемы повышается.

В учебном пространстве России до сих пор образовательная культура носит прекофигуративный характер [10]. Мы считаем, что в рамках подобной культурной модели проблемы и препятствия возникают не при взаимодействии, а скорее при некотором линейном воздействии, при котором субъектом будет являться педагог, а объектом – студент. И в том, и в другом случае однонаправленность воздействия не сможет способствовать развитию таких личностных качеств, как самодостаточность, толерантность и мобильность. Мы также склонны полагать, что зачастую часть студенческих проблем в рамках вуза возникает по вине педагогов именно на классическом уровне префигуративной культуры.

Библиографический список

1. Судаков, К. В. / К. В. Судаков // Вестн. АМН СССР. 1985. № 2. С. 3–11.

2. Судаков, К. В. Диагноз здоровья / К. В. Судаков ; Моск. мед. акад. М., 1993. 122 с.

3. Логинов, И. А. Здоровье начинается с души. О психологических проблемах и духовных потребностях современных студентов [Электронный ресурс] / И. А. Логинов. Электрон. дан. М., 2005. Режим доступа : htth://www.rcb.ru/archive/perh.asp. Загл. с экрана.

4. Солдатова, О. / О. Солдатова // Наука – Северо-Кавказскому региону : материалы VIII регион. конф. / Сев.-Кавк. гос. ун-т. Т. 2. Общественные науки. Ставрополь, 2004. С. 120–122.

5. Образы образования (Факел) : сб. ст. / под. ред. Ю. Грымова. М., 2002.

6. Парахин, А. А. О некоторых проблемах формирования и развития способностей личности студента [Электронный ресурс] / А. А. Парахин. Электрон. дан. Барнаул, 2005. Режим доступа : http://aeli.altai.ru/nauka. Загл. с экрана.

7. Контобойцева, М. Г. К вопросу индивидуализации процесса обучения студентов вуза [Электронный ресурс] / М. Г. Контобойцева. Электрон. дан. Режим доступа : http://urorao.ru/konf/konf2005. Загл. с экрана.

8. Басхаева, И. И. / И. И. Басхаева // Студент и научно-технический прогресс : материалы XXXVII Междунар. науч. студ. конф. / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 1998. С. 56–57.

9. Мид, М. Преемственность в культурной эволюции / М. Мид. М., 1988. 250 с.

10. Горохов, С. А. Институт образовательной политики «Эврика» [Электронный ресурс] / С. А. Горохов. Электрон. дан. М., 2005. Режим доступа : http://www.eurekanet.ru. Загл. с экрана.

M. V. Mitchourin

PROBLEM OF «TEACHER – STUDENT» RELATIONSHIP IN THE PEDAGOGICAL ACCOMPANYING

It is considered the different relationship approaches to «teacher – student» and «student – student» and revealed the mechanism of relationship in the pedagogical accompanying.

УДК 622.752

А. С. Наймушин

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЫСОКОГЛИНИСТЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Описана проблема разработки нерентабельных высокоглинистых месторождений, представлены результаты применения ультразвуковых волн при скважинной гидродобычи, что позволит ввести в отработку техногенные месторождения с небольшим содержанием полезного компонента, разработка которых известными методами в данный момент не представляется возможной.

В настоящее время золотодобывающая промышленность нашей страны столкнулась с нерентабельностью разработки весьма тонких пластов золотоносных песков, лежащих на значительной глубине, традиционными методами добычи, такими как открытая и подземная разработка. Разработка таких месторождений открытым способом затрудняется большой глубиной залегания золотоносных песков, т. е. большим объемом вскрышных работ, небольшим содержанием полезного компонента и непродолжительным сроком службы карьера. В то же время отработка их подземным способом не представляется возможной из-за ограниченных запасов месторождения и, следовательно, короткого срока службы шахты, больших капитальных затрат на вскрытие, сложности процесса управления горным давлением вследствие недостаточной глубины работ и другими, не менее важными факторами.

Поэтому в настоящее время предпринимается много попыток удешевить основные процессы горных работ: вскрытие, разупрочнение массива, транспортирование и доставку полезного ископаемого на поверхность и др., а также снизить нагрузку на окружающую среду, т. е. разработать такую технологию, которая позволила бы извлечь полезный компонент в минимальные сроки и с наименьшими капитальными затратами, не причинив вреда экологическому состоянию близлежащих окрестностей.

Более всего соответствуют данным требованиям методы, основанные на переводе полезного ископаемого в подвижное состояние в скважине посредством рабочих реагентов, – так называемые геотехнологические методы. В качестве реагента может выступать энергия или ее носители, вводимые в рабочую зону, например химические растворы, электрический ток, вода как теплоноситель и т. п.

В качестве наиболее выгодного и экологически безопасного можно выделить метод скважинной гидродобычи (СГД), так как в качестве реагента используется вода без применения вредных химических соединений, отрицательно влияющих на окружающую среду. Этот метод относится к экологически щадящим еще и потому, что уменьшается количество техники, необходимой для добычи полезного ископаемого и транспортирования его на поверхность, и значительно сокращается площадь земель, отчуждаемых под промышленную площадку предприятия.

Однако в методе СГД существует еще много нерешенных вопросов, главный из которых – это сложность отработки месторождений с высокой глинистостью песков.

Для решения проблемы разупрочнения глинистых песков в массиве было разработано и изготовлено устройство «Шум-1», способное создавать концентрированное ультразвуковое акустическое поле. Это устройство отличается от известных возможностью изменения параметров ультразвуковой волны, т. е. возможностью управления процессом дезинтеграции. С его помощью можно исследовать влияние кавитации на глинистые пески.

По результатам проведенных экспериментов была выявлена зависимость интенсивности процесса дезинтеграции от двойственного воздействия ультразвуковых волн (кавитации и вибрации) на глинистый массив.

Затем были проведены эксперименты, направленные на определение наиболее эффективных параметров разупрочнения, при которых двойственное воздействие ультразвуковой кавитации и вибрации на опытный образец было бы максимальным. Для этого бало рассмотрено несколько вариантов расположения ультразвукового излучателя относительно исследуемого образца: над образцом, сбоку от образца и при вращении излучателя в вертикальной плоскости. В процессе проведения опытов выяснилось, что применяемые ранее датчики не могут быть использованы для снятия показаний при расположении излучателя над образцом. Поэтому было решено изменить методы контроля интенсивности дезинтеграции, для чего были изготовлены новые датчики, состоящие из четырех металлических стержней диаметром 2 мм и длиной 40 мм, утяжеленных до массы 50 г металлическими кольцами. Кольца со штырями расположены вертикально на расстоянии 20 мм друг от друга.

В качестве исходного материала при изготовлении образцов применялась каолиновая глина с влажностью 25 % и плотностью 2 г/см^3. Исходя из полученной формы образцов материала (параллелепипед), был выбран размер образца, длина и ширина которого равны удвоенному диаметру ультра-

звуковой установки (80 мм), а высота – 20 мм. Объем образца составил 128 см^3, масса – 240 г.

Напряжение, Па, с которым каждый датчик давит на образец, вычислим по формуле

$$\text{у} = \frac{F}{S}, \qquad (1)$$

где F – сила, с которой каждый датчик давит на образец в воде, Н; S – площадь воздействия на образец, м^2. Сила F может быть определена следующим одразом:

$$F = F_m - F_a, \qquad (2)$$

где F_m и F_a – соответственно сила тяжести и сила Архимеда, Н.

Подставив (1) в (2), получим выражение

$$\text{у} = \frac{F_m - F_a}{S} = \frac{m \cdot g - \text{с} \cdot g \cdot V}{n \cdot \text{р} \cdot d^2 \cdot 0{,}25}, \qquad (3)$$

где m – масса датчика, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2; с – плотность воды, кг/м^3; V – объем датчика, м^3; n – количество стержней; d – диаметр стержня, м. Таким образом,

$$\text{у} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81 - 1\,000 \cdot 9{,}81 \cdot 6{,}4 \cdot 10^{-6}}{3{,}14 \cdot 4\left(2 \cdot 10^{-3}\right)^2 0{,}25} \approx 0{,}034 \text{ МПа}.$$

Эффективность дезинтеграции (в процентах к базовому опыту) рассчитывали по величине проваливания датчиков в опытный образец глины. Результаты опытов в виде таблиц и графиков представлены ниже.

Исследование двойственного влияния ультразвука на интенсивность дезинтеграции в зависимости от направления оси распространения ультразвуковой волны (рис. 1) производили при изменении направления оси распространения ультразвуковой волны в вертикальной плоскости на 0, 30, 45, 60 и 90^0. Установка была расположена над образцом. В ходе экспериментов было определено, что максимально интенсивное разупрочнение происходит при направлении излучателя на образец (табл. 1, рис. 2). Следовательно, в данных условиях двойственного воздействия не наблюдается.

При исследование зависимости интенсивности разупрочнения от направления оси излучаемой волны при расположении излучателя сбоку от образца (рис. 3) изменялось направление оси распространения ультразвуковой волны в вертикальной плоскости, образованной вертикальной осью образца и излучателя, который расположен сбоку от образца под углом 0, 30, 45, 60 и 90^0 (табл. 2, рис. 4).

Максимальное разупрочнение в данном случае происходит при направлении оси излучателя вертикально, перпендикулярно к поверхности воды. Следовательно, при данных условиях двойственное воздействие проявляется в случаях поворота оси излучателя на угол 45, 60 и 90^0 на расстоянии 40 мм.

Наибольший объем разупрочненной глины получился при направлении оси излучателя перпендикулярно поверхности, поэтому было решено провести опыты при расположении оси излучателя перпендикулярно к поверхности воды с изменением мощности установки, подаваемой на излучатель. Сам излучатель, как и в предыдущем случае, располагался сбоку от образца (см. рис. 3).

В этих опытах производилось изменение мощности с шагом 7, 10, 15, 22,5 и 30 Вт при условии, что излучатель расположен сбоку от образца на расстоянии 40 мм, а ось излучаемой волны направлена горизонтально к поверхности границы сред вода–воздух (табл. 3, рис. 5).

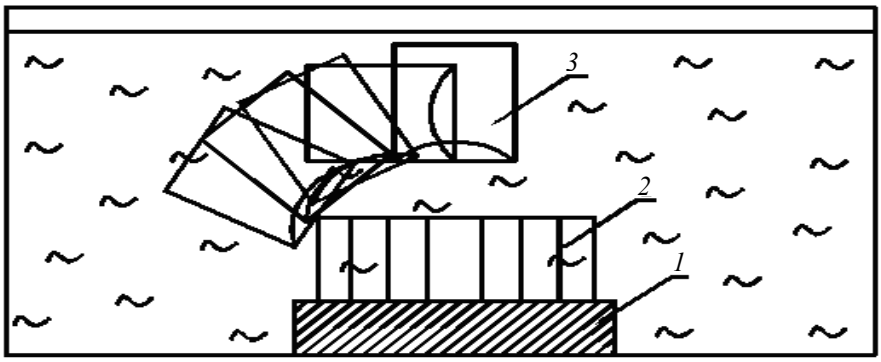


Рис. 1. Схема лабораторной установки при расположении излучателя над образцом: *1* – опытный образец; *2* – датчики-штыри; *3* – ультразвуковая установка

Таблица 1

Влияние направления оси распространения ультразвуковых волн на интенсивность разупрочнения при расположении излучателя над образцом (мощность – 15 Вт)

a	*t*				
	3	5	10	15	20
0	0,016	0,064	0,193	0,561	0,671
30	0,000	0,079	0,157	0,314	0,353
45	0,000	0,079	0,157	0,217	0,279
60	0,000	0,079	0,151	0,217	0,279
90	0,000	0,000	0,000	0,157	0,184

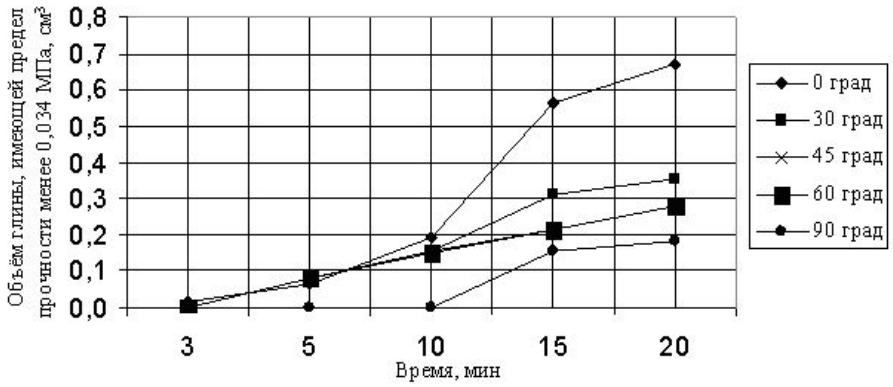


Рис. 2. Зависимость направления оси распространения ультразвуковых волн от интенсивности разупрочнения при расположении излучателя над образцом (мощность – 15 Вт)

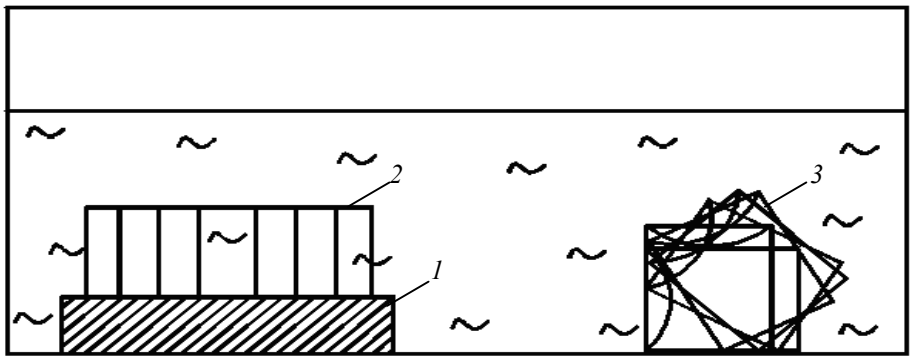


Рис. 3. Схема лабораторной установки при расположении излучателя сбоку от образца: *1* – опытный образец; *2* – датчики-штыри; *3* – ультразвуковая установка

Таблица 2

Влияние направления оси распространения ультразвуковых волн на интенсивность разупрочнения при расположении излучателя сбоку от образца (мощность – 15 Вт)

a	*t*				
	3	5	10	15	20
0	0,000	0,118	0,016	0,118	0,141
30	0,000	0,118	0,014	0,047	0,127
45	0,000	0,016	0,141	0,565	1,193
60	0,039	0,204	0,801	1,963	3,109
90	0,094	0,393	1,256	2,748	4,836

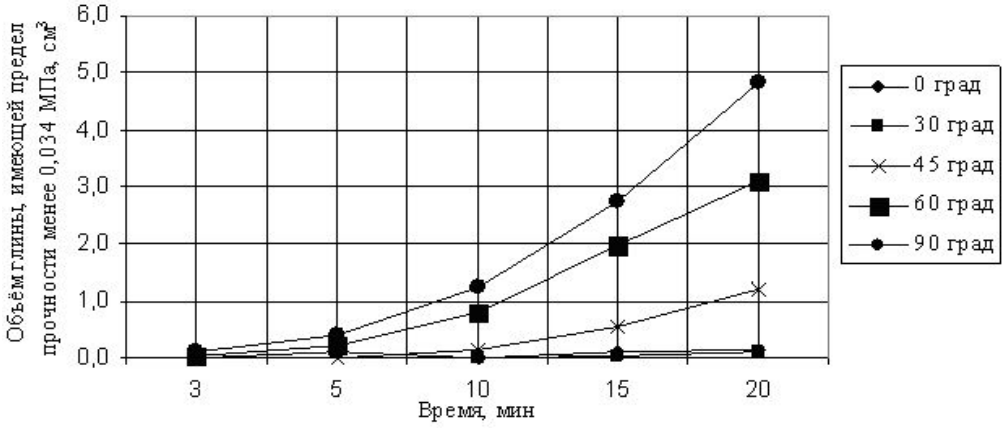


Рис. 4. Зависимость направления оси распространения ультразвуковых волн от интенсивности разупрочнения при расположении излучателя сбоку от образца (мощность – 15 Вт)

Таблица 3

Влияние мощности излучаемой волны на интенсивность разупрочнения при размещении излучателя на расстоянии 40 мм сбоку от образца и направлении оси излучения вертикально к поверхности воды

P	*t*				
	3	5	10	15	20
7	0,045	0,169	0,650	1,600	2,137
10	0,065	0,190	0,800	2,256	3,403
15	0,094	0,393	1,256	2,748	4,836
22,5	0,120	0,476	1,456	3,174	5,700
30	0,176	0,597	1,897	3,980	6,300

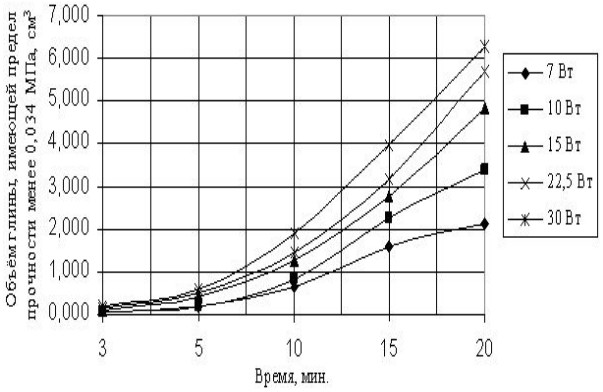


Рис. 5. Зависимость интенсивности разупрочнения от мощности излучаемой волны при расположении ультразвукового излучателя на расстоянии 40 мм сбоку от образца и направлении оси излучения перпендикулярно поверхности воды

График (см. рис. 5) показывает что с увеличением мощности установки объем разупрочненной глины увеличивается не прямо пропорционально. Следовательно, разупрочнение может идти до определенного момента, т. е. происходит угасание ультразвуковых волн. Такого эффекта можно избежать благодаря своевременному удалению пульпы из забоя.

Таким образом, было установлено, что использование двойственного воздействия ультразвука (кавитационного и вибрационного) в методе скважинной гидродобычи позволяет увеличить интенсивность разупрочнения, а следовательно, и скорость отработки камеры, радиус полезного действия струи за счет снижения прочностных характеристик глинистых песков.

Метод скваженной гидродобычи, основанный на использовании ультразвука в качестве разрушающей силы, может найти эффективное применение для разработки россыпных месторождений золота и платины, для добычи бедных, легкодиспергирующихся, пористых, рыхлых и слабосвязных полезных ископаемых: торфа, угля, песка, гравия, фосфоритов, марганцевых рыхлых руд, мягких бокситовых руд, битуминозных песчаников и др., а также для добычи строительных материалов, находящихся на значительной глубине.

Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора В. Е. Кислякова

A. S. Naymushin

ABOUT A FEASIBILITY OF ULTRASONIC OSCILLATIONS AT IMPROVEMENT OF HIGH INCLUDE CLAY ANTHROPOGENIC DEPOSITS

The problem of mining unprofitable including clay anthropogenic deposits is described; the outcomes of applying of ultrasonic waves in a way of hydraulic mining by boreholes are submitted. It allows entering into improvement anthropogenic deposits with the small contents of a useful component, which mining by known in the given moment methods is not possible.

Статья отозвана (ретрагирована) в связи с вновь открывшимися обстоятельствами – обнаружение некорректных заимствований (плагиата) в публикации.

УДК 657.1(100)(075.8)

Д. В. Огнев, А. С. Нечаев, А. Р. Дубынин

СТРАТЕГИЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

Рассмотрены проблемы привлечения иностранных инвестиций в реальный сектор экономики и пути их решений. По мнению авторов, решение заключается в создании конкурентоспособных кластеров вертикально взаимосвязанных секторов экономики, а также придание основным экономическим регионам, городам или агломератам статуса особых зон, с предоставлением иностранным инвесторам особых льгот для развития специфических промышленных кластеров.

Придание большей динамики экономике России требует долгосрочной стратегии социально-экономического развития, направленной на максимальное использование национальных ресурсов в комбинации с привлечением инновационных технологий, управленческим мастерством и финансовыми вливаниями из-за рубежа.

Среди экономически высокоразвитых стран Западной Европы, Японии и США в России самый низкий приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ) на душу населения, что негативным образом может сказаться на развитии ключевых отраслей промышленности в ближайшей перспективе. Поэтому портфельный анализ промышленности является залогом правильного определения путей развития экономики.

Динамические изменения в промышленном секторе и внешней торговле требуют постоянного мониторинга. Он выявит степень зависимости от импорта по конкретным товарным статьям и уровень загруженности национальных отраслей. Что поможет определить первоочередных адресатов модернизации. Например, партнерство с иностранными компаниями может иметь первостепенное значение в тех секторах, в которых разрыв между импортом и отечественным производством должен быть сокращен, а также там, где производственные мощности недостаточны для создания приемлемого уровня занятости.

Целевое размещение ресурсов уменьшит слабые места и укрепит сильные стороны основных отраслей. Их привлекательность измеряется в рамках будущего рыночного потенциала и занятости, тогда как конкурентное положение оценивается как рыночная доля по отношению к импорту. Для оценки состояния отрасли удобно воспользоваться методикой портфельного анализа. Идея может заключаться в том, чтобы направлять ПИИ непосредственно в секторы, имеющие хорошие потребительские перспективы, но доля, которых на российском рынке мала из-за преобладания импорта.

Конкретная отрасль, привлекающая ПИИ, не может рассматриваться отдельно от остальных и должна развиваться внутри кластера вертикально взаимосвязанных секторов. Становление базовой отрасли послужит толчком к развитию отраслей-поставщиков и отраслей-потребителей, а также сегментов услуг, принадлежащих кластеру.

Кластерный анализ выявит вертикальный подход к промышленному мониторингу и обогащает результаты портфельного анализа, определяя конкурентоспособность и потребности в ПИИ отраслей, принадлежащих к тем же или смежным секторам (горизонтальный подход). Вертикальные макросекторальные связи существуют между различными отраслями экономики – промышленностью, сельским хозяйством, сферой услуг и т. д., поддерживая и развивая друг друга. Внутри кластеров крупные базовые предприятия могут повышать эффективность производства, используя стратегии вертикальной интеграции, выражающиеся в приобретении мажоритарных пакетов акций смежников.

Экономически развитые страны дают много примеров, высвечивающих социально-политическое и экономическое значение кластеров. С началом формирования ключевых промышленных кластеров в ведущих экономиках, как, например, в Германии (химия, машиностроение) и Франции (производство продуктов питания, косметики) в 50–60-е гг., целые группы отраслей стали взаимодействовать внутри кластеров, способствуя мультипликативному эффекту в отношении занятости и трансфертов технологий в национальной экономике.

Американские *ноу-хау* в секторе производства потребительских товаров обеспечили лидерство страны в сельском хозяйстве, производстве упаковки и средствах механизации (отрасли-поставщики) наряду с успехами в области рекламы и финансовом секторе (отрасли-потребители). Японская мощь в секторе бытовой электроники позволила успешно развивать производство чипов памяти и микросхем, в то время как США сохраняли лидерство в изготовлении логических микрокомпонентов, используемых в компьютерах, телекоммуникационном оборудовании и военной электронике.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА RETRACTED

В развитых странах международная конкурентоспособность изначально развивалась вокруг отдельных кластеров. Конкурентоспособность Швеции в целлюлозно-бумажном секторе распространяется на оборудование по деревообработке и производству бумаги, конвейерные линии и некоторые смежные отрасли-потребители (например, производство спичек). Дания разработала специфические промышленные технологии для агробизнеса и пищевой промышленности. Подобным же образом немецкие машиностроители и автомобилестроители выигрывают от того, что в Германии есть высокоразвитое производство компонентов для этих отраслей. В Италии специальные кластеры сформировались в промышленных районах, в которых сложились отраслевые комбинации: металлообработка – режущий инструмент, мода – дизайн, кожа – обувь, деревообработка – мебель.

За 70 лет плановой экономики в СССР практика кластеризации была забыта. В советское время сформировано несколько небольших кластеров, в основном вокруг монополистов-поставщиков, но в целом промышленное разнообразие было подавлено монокультурной практикой.

На сегодняшний день в России существует несколько примеров кластеров в их классическом понимании, образованных вокруг некоторых отраслей народного хозяйства (химической, нефтегазовой, автомобилестроения, металлургии, машиностроения и судостроении), однако говорить об их конкурентоспособности на мировом рынке, а также отдавать им роль флагманов развития экономики страны не приходится. Формирование высокоэффективных индустриальных кластеров значительно ускорилось бы с помощью целевых инвестиций. Богатая сырьевая база – основа для интеграции многих важнейших отраслей, таких как машиностроение, химическая, производство транспортного оборудования, целлюлозно-бумажная и полиграфия. Кластеры могут формироваться на региональной основе, где наблюдается высокая географическая концентрация взаимосвязанных отраслей (например, машиностроение в Москве и Санкт-Петербурге, автомобилестроение вокруг Тольятти, химическое производство вокруг Москвы, Тулы и Нижнего Новгорода). Это позволит увеличить привлечение капитала и технологий при помощи ПИИ.

Другой путь – придание основным экономическим регионам, городам или агломератам статуса особых зон, где иностранным инвесторам предоставят особые льготы, если они будут развивать специфические промышленные кластеры. ПИИ могут способствовать созданию в стране здорового соперничества между местными и иностранными фирмами, что зародит конкуренцию и промышленную модернизацию благодаря новым идеям, профессионализму, разнообразию стратегий и поддержке НИОКР.

При группировании кластеров следует проанализировать вертикальные (поставщик/потребитель) и горизонтальные связи (общая база потребления, технологии) на региональном уровне. На первом этапе надо привлекать важнейшие *ноу-хау* и технологии из других стран. В России необходимо сформировать конкурентоспособные отрасли-поставщики вокруг промышленных столпов и секторов экономики (агробизнес, автомобилестроение, кораблестроение, машиностроение, здравоохранение, коммуникации, туризм, образование). Китаю понадобилось почти 15 лет для создания конкурентоспособных кластеров вокруг ориентированных на экспорт текстильной промышленности, фабрик спорттоваров, одежды, игрушек, посуды и др.

В мировой практике появилась тенденция, характерная даже для крупных компаний, – концентрироваться на главных направлениях, отдавая другим производство промежуточных продуктов и сферу ключевых услуг. По этой причине создание кластеров оказывает мощное влияние на малый бизнес. Примером могут служить немецкие и японские производители автомобильных компонентов, которые продвигаются вслед за национальными автогигантами, открывая свои предприятия в других странах, потребителях продукции последних.

Целесообразно сформировать систему кластеров вокруг ключевых отраслей, которые должны включать в себя также сферу финансовых и банковских услуг, позволяющую приблизить продукцию и технологии к конечному потребителю. Экономическое развитие России предполагает разработать стратегию использования ПИИ с учетом потенциала и конкурентоспособности в мировом масштабе отраслей и экономики в целом. Успех стратегии будет зависеть от выбора приоритетных секторов и эффективных инструментов для их развития (табл. 1).

Передовые экономики Франции, Германии, Италии, Японии, США, Великобритании имеют наилучшие перспективы и им должен быть присвоен приоритет АА/А (табл. 2).

Два основных конкурента России по крупным региональным рынкам – Китай и Индия – должны ориентироваться на В; это связано с их быстрым экономическим развитием. Долгосрочное планирование может затронуть и прочие относительно преуспевающие экономики (например, Чехию, Польшу, Венгрию, Южную Корею, Тайвань) – приоритет С.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА RETRACTED

Таблица 1

Приоритетные отрасли для ПИИ в России (2000–2006 гг.)

Целевые отрасли	2000–2003	2003–2006
Нефтяная и газовая	AA	AA
Черная и цветная металлургия	AA	AA
Продукты питания и напитки	AA	AA
Лесная отрасль и производство смежной продукции: фанеры, досок, столярного и плотницкого инвентаря	A	A
Производство бумаги и смежной продукции, включая полиграфию и печатное оборудование	AA	AA
Строительные материалы, включая краски, клеи и несущие элементы	A	AA
Производство мебели для дома и офиса, санитарной техники	AA	A
Основная химия, производство резины и пластиков	AA	A
Фармацевтика	A	A
Авиационные и аэрокосмические технологии	B	A
Производство новых материалов на основе стекла, керамики и синтетических волокон	C	B
Машиностроение и производство оборудования для различного применения (в том числе для сельского хозяйства, легкой, добывающих отраслей, строительства, производства насосов, компрессоров)	B	C
Предприятия транспортного оборудования: производство автомобилей, трейлеров, автобусов, кораблей, локомотивов, самолетов и космических кораблей	B	B
Предприятия по производству оборудования для офисов, производство компьютеров и телекоммуникационного оборудования	B	B

Примечание. AA – наилучшие первостепенные перспективы; A – лучшие перспективы в краткосрочном плане; B – перспективы в среднесрочном плане; C – перспективы в долгосрочном плане.

Таблица 2

Целевые страны-источники ПИИ для России (2000–2006 гг.)

Приоритеты	Целевые страны	Годовой ПИИ-план* (USD)
Страны приоритета AA (первостепенное значение)	• «Большая пятерка» ЕС: Франция, Германия, Италия, Испания, Великобритания • США • Япония	USD 5–6 млрд
Страны приоритета A (краткосрочный план – до 2003 г.)	• Австрия, Бельгия, Финляндия, Нидерланды, Швеция • Норвегия, Швейцария • Канада	USD 2–3 млрд
Страны приоритета B (среднесрочный план – после 2003 г.)	• Австралия • Китай • Индия	USD 500–900 млн
Страны приоритета C (долгосрочный план – после 2003 г.)	• Венгрия, Польша, Румыния • Индонезия, Южная Корея, Тайвань • Малайзия, Сингапур	USD 300–500 млн

*Адресные ПИИ в USD, которые необходимо определить перед плановым периодом. В таблице установлены реалистичные цели на 2003–2006 гг.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА RETRACTED

Страны приоритета АА представляют собой рынки, где промоутерские и PR-действия необходимо предпринимать немедленно. Они являются главными инвесторами и экспортерами. Даже их технологические лидеры среднего размера, так называемые скрытые чемпионы, начали развертывать инвестиционную деятельность за пределами национальных рынков.

Улучшение социально-экономического климата является предпосылкой для разработки конкретных политических инструментов в рамках инвестиционной ПИИ-политики. Наиболее важной задачей становится определение оптимальной комбинации макроэкономических и ПИИ-механизмов для достижения желаемых результатов при минимальных ресурсах и сроках. Временной фактор является ключевым, поскольку определяет успех.

Результат, полученный при осуществлении ориентированной ПИИ-политики, зависит от оптимизации национальной макросистемы, что затрагивает законодательство, политическую стабильность, оптимизацию административного аппарата, образование и подготовку кадров.

Для улучшения рейтинга России по отношению к другим крупным региональным рынкам желательно определить пакет мероприятий, воздействующий как на макросреду, так и на предприятия непосредственно (микросреда). Микроинструменты должны привязываться к стратегической, инвестиционной и ПИИ-политике. Они включают:

– побудительные механизмы для компаний, заинтересованных в строительстве и модернизации заводов в приоритетных отраслях;

– развитие и оптимизацию особых экономических зон;

– создание информационной системы для инвесторов (динамика отраслей, потенциальные партнеры, перспективные региональные проекты, законодательства и финансирование);

– коммуникационные кампании для улучшения имиджа России и ее регионов;

– консультативные службы, ориентированные на топ-менеджмент ведущих компаний;

– финансовый инжиниринг и привлечение иностранных банков;

– создание постоянной координационной структуры для сопровождения инвестиционных проектов в регионах.

Сегодня Россия стоит перед выбором стратегии экономического роста. Эффективная ПИИ-политика позволит привлечь перспективные и экологически чистые инвестиционные проекты от тех корпораций, которые смогут способствовать быстрому технологическому развитию.

D. V. Ognev, A. S. Nechaev, A. R. Dubynin

THE STRATEGY OF INVESTMENT ATTRACTIONS IN RUSSIAN INDUSTRY

It is considered the problems of foreign investment attractions in the real sector of economy and the ways of their solution. In the authors' opinions, the solution is in the creation of the competitiveness clusters of vertically interrelated sectors of economy, and also in affecting the special area status to basic economic regions, cities or agglomerations wits giving special grants to foreign investors for development of specific industrial clusters.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА RETRACTED

УДК 669.2.018.674

Н. В. Олейникова, В. С Чекушин

ТЕРМОДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕДИ ИЗ КИСЛОРОДНЫХ И СУЛЬФИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ[1]

Приведены результаты термодинамического анализа восстановления меди из кислородных и сульфидных соединений с использованием в качестве восстановителя (электронодонора) углеродных, углеводородных веществ, водорода, а также сульфидной серы.

В пирометаллургическом производстве меди традиционными направлениями считаются восстановление меди из кислородных соединений с использованием углеродсодержащих восстановителей и восстановление с использованием электронодонорной способности сульфидной серы. Исторически сложилось таким образом, что первоначально медь добывали из окисленных руд, восстанавливая ее из кислородных соединений углеродом древесного угля. Это обусловило дальнейшее использование приема переработки сульфидных материалов по схеме «окислительный обжиг намертво – восстановление». Параллельно с указанным шло использование процессов восстановления меди из окисленных и сульфидных соединений с использованием в качестве восстановителя собственной сульфидной серы.

В данной статье сделана попытка обобщения результатов термодинамических и кинетических исследований различных авторов, а также собственных расчетов по восстановлению меди из ее соединений с использованием как общеизвестных, так и нетрадиционных восстановителей. Выполненные авторами расчеты базируются на методике, обеспечивающей определение изменения свободной энергии в широком температурном интервале, по специально созданной программе с привлечением банка данных [1–4].

К основным природным кислородным соединениям меди, имеющим промышленное значение, в первую очередь относят ее оксиды CuO (тенорит) и Cu_2O (куприт), а также карбонаты типа $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ (малахит) и $Cu_3\ (CO_3)_2(OH)_2$ (азурит) и силикаты $CuSiO_3 \cdot H_2O$ [5]. Помимо природных кислородных соединений, с точки зрения возможности восстановления из них металла интерес представляют сульфат $CuSO_4$, а также феррит окиси меди $CuO \cdot Fe_2O_3$, которые присутствуют в огарках окислительного обжига медных концентратов [6]. Что касается сульфидных соединений, то к ним в первую очередь относятся халькозин Cu_2S, халькопирит $CuFeS_2$, борнит $CuFeS_4$, ковеллин CuS [5].

Данные о стандартных значениях изменения энергии Гиббса (Д*G*) образования кислородных и сульфидных соединений меди (табл. 1) свидетельствуют о том, что устойчивость соединений увеличивается при переходе от сложных соединений к простым, а простые соединения по возрастанию их устойчивости можно расположить в последовательности $Cu_2O \rightarrow CuO \rightarrow Cu_2S \rightarrow CuS$.

Таблица 1

Изменение энергии Гиббса образования кислородных и сульфидных соединений меди при температуре 25 єС

Соединение	$ДG^0_{298.15}$, кДж/моль
CuO	–128,2
Cu_2O	–148,2
$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	–902,5
$Cu_3\ (CO_3)_2(OH)_2$	–1 432,98
$CuSiO_3 \cdot H_2O$	–1 209,2
$CuSO_4$	–662,6
$CuO \cdot Fe_2O_3$	–858,5
Cu_2S	–86,3
$CuFeS_2$	–178,9
CuS	–53,6

Авторами проанализирована термодинамическая вероятность процессов восстановления меди из некоторых кислородных соединений углеродсодержащими восстановителями. В ходе расчетов установлено, что вероятность процессов восстановления меди из оксидов достаточно высока. Расчетные данные для реакций представлены в табл. 2.

$$Cu_2O + C = 2Cu + CO \quad (1)$$

$$Cu_2O + CO = 2Cu + CO_2 \quad (2)$$

$$CuO + C = Cu + CO \quad (3)$$

$$CuO + CO = Cu + CO_2 \quad (4)$$

Высокая вероятность восстановления меди окисью углерода подтверждается в работах различных авторов. При этом отмечается, что этот процесс идет практически до конца даже при низкой (в сотые доли процента) концентрации CO в равновесной газовой фазе [7]. Данное обстоятельство объясняется относительно трудной окисляемостью металлической меди углекислыми и дымовыми газами.

Теоретически, восстановление меди твердым углеродом из кислородных соединений реализуется при таких температурах, когда скорости реакции Будуара имеют измеряемую величину. Но экспериментальные данные о начале реакций восстановления показывают различные результаты – от 160 до 790 єС [7].

[1]Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

Таблица 2

Изменение энергии Гиббса реакций восстановления меди из оксидов в зависимости от температуры, кДж/моль

Реакция	Температура, К								
	298,15	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1 073,15	1 173,15	1 273,15
Реакция (1)	10,8	10,8	–34,8	–67,1	–82,9	–98,6	–114,0	–129,2	–144,2
Реакция (2)	–109,3	–109,3	–106,6	–104,6	–103,7	–102,8	–101,9	–101,0	–100,2
Реакция (3)	–9,2	–19,1	–80,4	–126,1	–149,1	–172,2	–195,3	–218,5	–241,8
Реакция (4)	–138,5	–130,3	–172,3	–200,3	–213,8	–226,8	–239,6	–252,2	–264,4

В последнее время наблюдается все больший отказ производства от схемы получения меди из кислородных соединений с использованием углеродсодержащих восстановителей, но, тем не менее, ряд исследователей придерживается мнения о целесообразности возврата к этому процессу, особенно при переработке смешанных рудных материалов [8; 9]. При этом, наряду с углеродсодержащими восстановителями, в качестве не менее, а в некоторых случаях и более эффективных восстановителей упоминаются водород и метан.

Например, в [7] начало реакций восстановления меди водородом

$$Cu_2O_{(тв)} + H_2 = Cu_{(тв)} + H_2O_{(г)} \quad (5)$$

$$CuO_{(тв)} + H_2 = Cu_{(тв)} + H_2O_{(г)} \quad (6)$$

было отмечено уже при температурах 232…248 єС.

Реакции восстановления меди из оксидов природным газом должны протекать по схемам

$$4Cu_2O_{(тв)} + CH_4 = 8Cu_{(тв)} + CO_2 + 2H_2O_{(г)} \quad (7)$$

$$2Cu_2O_{(тв)} + CH_4 + O_2 = 4Cu_{(тв)} + CO_2 + 2H_2O_{(г)} \quad (8)$$

$$4CuO_{(тв)} + CH_4 = 4Cu_{(тв)} + CO_2 + 2H_2O_{(г)} \quad (9)$$

$$2CuO_{(тв)} + CH_4 + O_2 = 2Cu_{(тв)} + CO_2 + 2H_2O_{(г)} \quad (10)$$

Авторами сделаны расчеты вероятности протекания реакций (5)…(10) (табл. 3), которое показывает, что природный газ является лучшим по сравнению с водородом восстановителем меди и его восстановительная способность увеличивается с ростом температуры (рис. 1, 2).

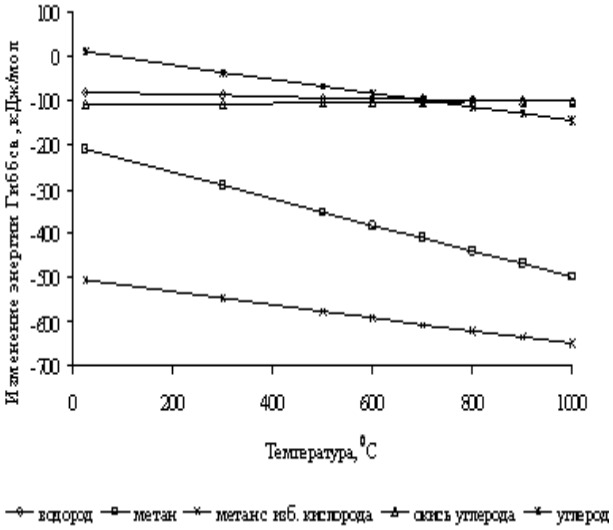


Рис. 1. Зависимость изменения энергии Гиббса реакций восстановления меди из закиси различными восстановителями от температуры

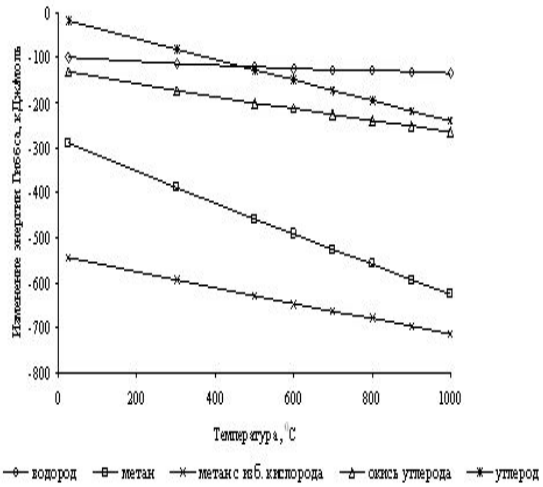


Рис. 2. Зависимость изменения энергии Гиббса реакций восстановления меди из окиси различными восстановителями от температуры

В условиях автогенных процессов восстановления меди при переработке сульфидного сырья доминирующими являются реакции взаимодействия сульфидов меди с кислородом воздуха с образованием кислородных соединений – оксидов и сульфатов, с последующим восстановлением из них меди. При этом восстановителем меди из кислородных соединений в данной системе является сульфидная сера (S^{2-}), связанная с медью [6].

Условия образования тех или других веществ в сложной трехкомпонентной системе Cu–S–O до сих пор до конца еще не изучены. Исследователи получили согласующиеся результаты только для некоторых реакций, в частности для реакции взаимодействия полусернистой меди с ее закисью.

Авторами сделаны расчеты вероятностей протекания реакций взаимодействия в рассматриваемой системе:

$$Cu_2S_{(тв)} + 2CuO = 4Cu + SO_2 \quad (11)$$

$$Cu_2S_{(тв)} + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2 \quad (12)$$

$$CuS_{(тв)} + 2CuO = 3Cu + SO_2 \quad (13)$$

$$CuS_{(тв)} + 2Cu_2O = 5Cu + SO_2 \quad (14)$$

Результаты этих расчетов свидетельствуют о том, что в интервале температур 600…1 200 єС образование металлической меди из ее кислородных соединений возможно в том случае, когда в качестве восстановителя выступает сульфидная сера (табл. 4). При этом наиболее вероятными в плане осуществления являются реакции (11) и (13) (рис. 3).

Таблица 3

Изменение энергии Гиббса реакций восстановления меди водородом и метаном в зависимости от температуры, кДж/моль

Реакция	Температура, К							
	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1073,15	1173,15	1273,15
Реакция (5)	–80,72	–88,56	–93,14	–95,16	–97,00	–98,69	–100,23	–101,63
Реакция (6)	–100,68	–112,55	–119,64	–122,83	–125,83	–128,65	–131,33	–133,88
Реакция (7)	–209,23	–292,88	–353,11	–382,79	–412,12	–441,06	–469,60	–497,69
Реакция (8)	–505,28	–546,79	–576,91	-591,76	–606,42	–620,86	–635,06	–649,00
Реакция (9)	–289,10	–388,85	–459,09	-493,49	–527,44	–560,94	–594,01	–626,68
Реакция (10)	–545,22	–594,77	–629,90	–647,11	–664,08	–680,80	–697,27	–713,49

Таблица 4

Изменение энергии Гиббса реакций восстановления меди в системе Cu–S–O в зависимости от температуры, кДж/моль

Реакция	Температура, К								
	298,15	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1 073,15-	1173,15	1273,15
Реакция (11)	42,00	41,97	–3,33	–33,64	–48,23	–62,53	–76,59	–90,44	–104,11
Реакция (12)	81,94	81,90	44,66	19,36	7,12	–4,87	–16,65	–28,23	–39,62
Реакция (13)	9,34	9,31	–42,58	–78,16	–95,44	–112,41	–129,12	–145,58	–161,82
Реакция (14)	49,29	49,24	5,41	–25,17	–40,08	–54,75	–69,18	–83,37	–97,33

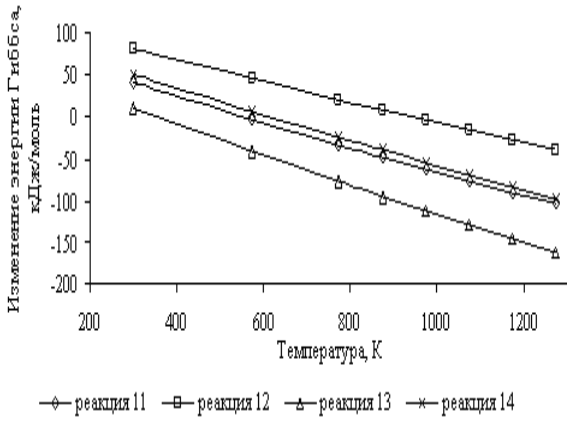


Рис. 3. Зависимость изменения энергии Гиббса реакций восстановления меди в системе Cu–S–O от температуры

Учитывая достаточно высокую восстановительную способность сульфидной серы по отношению к меди, присутствующей в кислородных соединениях, авторы изучили возможность восстановления ее элементарной серой, сероводородом, а также сульфидом и сульфитом натрия в соответствии со следующими уравнениями:

$$2Cu_2O + S = 4Cu + SO_2 \quad (15)$$

$$3Cu_2O + H_2S = 6Cu + H_2O + SO_2 \quad (16)$$

$$3Cu_2O + Na_2S = 6Cu + Na_2O + SO_2 \quad (17)$$

$$3Cu_2O + Na_2S = 6Cu + Na_2SO_3 \quad (18)$$

$$Cu_2O + Na_2SO_3 = 2Cu + Na_2SO_4 \quad (19)$$

$$4Cu_2O + Na_2S = 8Cu + Na_2SO_4 \quad (20)$$

Расчетами подтверждено, что все указанные реагенты могут восстанавливать медь даже в условиях сравнительно низких температур (табл. 5). При этом наиболее эффективными восстановителями являются сульфид и сульфит натрия в тех реакциях, где сера окисляется до шестивалентной (рис. 4).

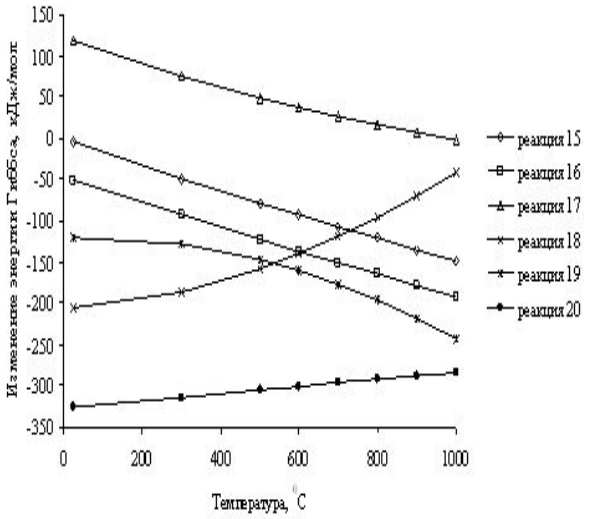


Рис. 4. Зависимость изменения энергии Гиббса реакций восстановления меди серосодержащими восстановителями от температуры

Значительный интерес представляет возможность организации процесса прямого восстановления меди непосредственно из сульфидных соединений углеродом, природным газом, водородом, парами воды, карбидом кальция, а также металлами. При этом было установлено, что углеродом восстанавливается ничтожное количество меди из сульфида (в отсутствии кислорода) [7]: константа равновесия реакции

$$C + 2Cu_2S = 4Cu + CS_2 \quad (21)$$

при температуре 1 383 К составляет $8{,}48 \cdot 10^{-8}$.

Таблица 4

Изменение энергии Гиббса реакций восстановления меди серосодержащими восстановителями в зависимости от температуры, кДж/моль

Реакция	Температура, К							
	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1 073,15	1 173,15	1 273,15
Реакция (15)	–4,34	–48,42	–78,77	–93,38	–107,62	–121,46	–134,92	–147,99
Реакция (16)	–51,49	–93,27	–122,59	–136,86	–150,87	–164,61	–178,08	–191,27
Реакция (17)	117,75	75,19	48,78	36,92	25,94	15,83	6,57	–1,85
Реакция (18)	–204,75	–186,82	–158,03	–139,57	–118,66	–95,43	–70,00	–42,47
Реакция (19)	–120,58	–127,51	–147,02	–160,93	–177,49	–196,67	–218,39	–242,63
Реакция (20)	–325,33	–314,34	–305,05	–300,50	–296,15	–292,09	–288,39	–285,10

Большое количество исследований посвящено изучению восстановления тяжелых цветных металлов, в частности меди, из сульфидных соединений природным газом и продуктами его термической диссоциации [10], особенно изучению термодинамики и кинетики восстановления меди из чистых сульфидов. В результате было выяснено, что наиболее активным восстановителем меди является водород, входящий в состав углеводородов, а углеродная часть топлива при восстановлении сульфидов в процессах практически не участвует.

Согласно данным [11], реакция восстановления меди водородом

$$Cu_2S + H_2 = 2Cu + H_2S \qquad (22)$$

идет при температуре 600 єС и протекает до конца при температуре 720…750 єС. Однако расчет зависимости ΔG^0 реакции от температуры показывает невозможность ее осуществления в этом интервале. Авторы работы [10] предполагают, что несоответствие между расчетными и экспериментальными данными следует относить к изменению физико-химических свойств сульфидов в связи с изменением их стехиометрического состава [12; 13]. Например, уменьшение стехиометрии на 0,1 ($Cu_{1,9}S$ вместо Cu_2S) приводит к резкому возрастанию (в 9,5 раз) способности сульфида к восстановлению.

Авторы предполагают, что в данном случае восстановителем меди выступает связанная с ней сульфидная сера и при указанных условиях протекает реакция

$$Cu_2S \leftrightarrow Cu^0 + S^0 \qquad (23)$$

а водород выступает в качестве реагента для связывания элементарной серы, взаимодействуя с ней с образованием сероводорода:

$$S^0 + H_2 = H_2S \qquad (24)$$

Имеются данные по восстановлению меди из сульфида парами воды [7] по реакции

$$Cu_2S + 2H_2O = 2Cu + 2H_2 + SO_2 \qquad (25)$$

Указаны величины констант равновесия реакции, изменяющиеся от $3{,}14 \cdot 10^{14}$ до $4{,}37 \cdot 10^{10}$ при температурах от 700 до 1 100 єС.

По расчетам авторов, термодинамической вероятности протекания реакции (25) не существует ($ДG^0_{973}$ = 189,1 кДж/моль), и экспериментально полученные результаты металлизации меди можно отнести к высказанному авторами предположению о первоначальном протекании реакции (23) с последующим взаимодействием элементарной серы с водяным паром с образованием водорода и SO_2, т. е. вода является реагентом для связывания серы, что обеспечивает протекание реакции (23) в прямом направлении.

В США запатентован способ восстановления металлов (в том числе и меди) из сульфидных расплавов с использованием набора металлических восстановителей (алюминия, титана, циркония, бария, кремния и пр.), которые, восстанавливая металл, переходят в штейновую фазу в виде соответствующих сульфидов[14]. Но данных о промышленной реализации указанного способа авторами не найдено.

В нашей стране проводились исследования по использованию в качестве восстановителя меди из сульфидов металлических железа и цинка [15], а также карбида кальция [16], который является более активным восстановителем, чем железо и цинк. В интервале температур 900…1200 єС в течение 30 мин карбид кальция способен восстановить от 45 до 58 % меди из халькозина. В этих же условиях металлическое железо восстанавливает не более 37 % меди, а цинк – не более 17 %. И в обоих случаях выход металлической меди уменьшается при температуре выше 1 000 єС. При восстановлении железом это объясняется образованием борнита и борнит-халькозинового раствора, а при восстановлении цинком – активным испарением восстановителя.

Анализ данных о возможности осуществления процесса прямого восстановления меди из ее сульфидных соединений дает основание полагать, что такой процесс может быть осуществлен только в присутствии среды, обеспечивающей эффективную утилизацию серы в виде устойчивых соединений.

С позиций современных ионно-ковалентных представлений о природе вещества, сульфиды металлов можно рассматривать как соединение противозаряженных частиц, образующихся за счет совокупности электростатического и координационного связывания в системе Me^{z+}–S^{2-}. Процесс восстановления металла из соединения электрохимический, и, по-видимому, ионы Me^{z+} и S^{2-}

являются замкнутыми элементами электрохимической системы, выполняющими функции катода и анода соответственно, погруженными в определенную среду, содержащую вещества, которве обеспечивают химические взаимодействия с продуктами электролиза. Таким образом, у электрохимической пары Me^{z+}–S^{2-}, находящейся в конкретной химической среде, могут возникнуть условия для реального внутреннего электролиза, обусловленного в данном случае перераспределением электронов с сульфидной серы на ион металла. Результатом этого процесса будет деполяризация катода и анода с образованием незаряженных частиц Me^0 и S^0. Разрушение электрохимической системы, очевидно, связано с трансформацией элементарной серы, обусловленной ее взаимодействием со средой, и появлением качественно новых соединений, например по-разному заряженных ионов S^n, где $n = -2\ldots+6$ с соответствующей координацией положительно заряженных частиц серы, например, с кислородными анионами. Последнее согласуется с качественной моделью процесса химического разрушения сульфидов, предложенной А. Н. Вольским и Е. М. Сергиевской, когда в качестве среды выступает молекулярный кислород [17].

Известный процесс восстановления меди из сульфидных и оксидных соединений, описываемый уравнениями (11)…(14) подтверждает восстановительную функцию собственной сульфидной серы одного из реагирующих веществ, когда на катоде накапливается восстановленный металл и при этом анод деполяризуется с образованием S^{4+}. В результате деполяризации электродов высвобождаются кислородные анионы, выполняющие функцию реакционной среды по отношению к S^{4+}. И возможность их химического взаимодействия между собой с образованием вполне устойчивого летучего диоксида серы возникает лишь в определенных температурных условиях.

Термодинамические расчеты показывают, что автономное протекание реакций восстановления меди непосредственно из сульфидов с использованием электронодонорных свойств собственной сульфидной серы не является вероятным. Величина изменения энергии Гиббса для реакции (23) составляет 86,6 кДж/моль (298,15 К) и с ростом температуры сдвигается в положительную область.

Завершенность термодинамического анализа восстановления меди из сульфидных соединений достигается при учете возможных превращений с участием образовавшейся элементарной серы. В качестве реакционной среды для таких превращений предложен едкий натр, обладающий как реакционной, так и сольватационной способностью по отношению к ряду серосодержащих соединений. Он характеризует температурой плавления 330 єС и индифферентен по отношению ко вновь образующейся металлической фазе. Щелочь способна спровоцировать диспропорционирование S^0 с накапливанием соответствующих продуктов, содержащих сульфидную, тиосульфатную, сульфитную и сульфатную серу, а также их сольватацию.

Величины изменений энергии Гиббса для трех возможных реакций диспропорционирования S^0, отличающихся накапливанием в системе серы в состояниях окисления 4^+, 2^+ и 6^+:

$$2NaOH + S = 0{,}75Na_2O + 0{,}25Na_2SO_4 + H_2O \quad (26)$$

$$2NaOH + S = 0{,}667Na_2S + 0{,}333Na_2SO_3 + H_2O \quad (27)$$

$$2NaOH + S = 0{,}5Na_2S + 0{,}25Na_2S_2O_3 + 0{,}75H_2O \quad (28)$$

приведены в табл. 6. Наиболее термодинамически вероятным является осуществление процесса с образованием сульфидной и сульфатной серы (реакция (26). При этом Д*G* существенно зависит от температуры.

Непосредственное восстановление металлов из сульфидных соединений в щелочной среде осуществляется в соответствии со следующими уравнениями:

$$Cu_2S + 2NaOH = \\ = 2Cu + 0{,}75Na_2S + 0{,}25Na_2SO_4 + H_2O \quad (29)$$

$$CuS + 2NaOH = \\ = Cu + 0{,}75Na_2S + 0{,}25Na_2SO_4 + H_2O \quad (30)$$

$$2CuFeS_2 + 8NaOH = \\ = 2Cu + 2FeO + 3{,}5Na_2S + 0{,}5Na_2SO_4 + 4H_2O \quad (31)$$

Суммарные данные об изменении энергии Гиббса протекания восстановительных процессов с учетом реакции утилизации элементарной серы, обеспечивающей необратимость накопления в системе металлической фазы, приведены в табл. 7. Для всех указанных выше соединений характерна вероятность восстановительных процессов для стехиометрических и нестехиометрических (природных) сульфидов меди с образованием в конечном счете металлической фазы в интервале температур 298…973 К.

Таблица 6

Изменение энергии Гиббса реакций диспропорционирования элементарной серы в щелочной среде, кДж/моль

Реакция	Температура, К							
	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1 073,15	1 173,15	1 273,15
Реакция (26)	–58,41	–80,42	–92,88	–98,84	–104,86	–111,05	–117,54	–124,39
Реакция (27)	–45,09	–63,87	–69,05	–69,99	–70,13	–69,60	–68,53	–67,04
Реакция (28)	–27,63	–28,33	–21,67	–16,91	–11,44	–5,38	1,17	8,12

Таблица 7

Изменение энергии Гиббса реакций непосредственного восстановления металлов из сульфидных соединений в щелочной среде, кДж/моль

Реакция	Температура, К							
	298,15	573,15	773,15	873,15	973,15	1 073,15	1 173,15	1 273,15
Реакция (29)	28,18	10,87	1,22	–3,53	–8,46	–13,70	–19,36	–25,51
Реакция (30)	–4,48	–28,37	–43,31	–50,74	–58,34	–66,23	–74,50	–83,22
Реакция (31)	43,84	–10,99	–46,86	–64,91	–86,39	–102,5	–122,4	–143,20

Таким, образом на основании анализа результатов исследований термодинамических закономерностей восстановления меди из различного типа синтетических и природных соединений (кислородных и сульфидных) в температурном интервале 25...1 200 єС с применением углеродных и углеводородных восстановителей, водорода, металлов и др., высказано предположение о пригодности сульфидных соединений меди для их непосредственного участия в восстановительных процессах.

Концепция восстановления меди из сульфидных соединений с использованием электронодонорных свойств сульфидной серы, предложенная авторами данной статьи, основана на возникновении электродной пары Me^{z+} и S^{2-}, взаимодействующей в условиях внутреннего электролиза, реализуемого в расплаве щелочи. В данной среде протекают реакции диспропорционирования элементарной серы с накапливанием S^{2-} и S^{6+}, которые обеспечивают необратимость восстановительного процесса.

Библиографический список

1. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равделя. Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1974.

2. Карапетьянц, М. Х. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ / М. Х. Карапетьянц, М. Л. Карапетьянц. М. : Химия,1968

3. Наумов, Г. Б. Справочник термодинамических величин (для геологов) / Г. Б. Наумов, Б. Н. Рыженко, И. Л. Ходаковский. М. : Атомиздат, 1971.

4. Справочник химика: в 5 т. / под общ. ред. Б. П. Никольского. Л. ; М. : ГХИ, 1963. Т. 1.

5. Гудима, Н. В. Краткий справочник по металлургии цветных металлов / Н. В. Гудима, Я. П. Шейн. М. : Металлургия, 1975. 536 с.

6. Автогенные процессы в металлургии / В. В. Мечев, В. П. Быстров, А. В. Тарасов и др. М. : Металлургия, 1991. 413 с.

7. Герасимов, Я. И. Химическая термодинамика в цветной металлургии. Т. II / Я. И. Герасимов, А. Н. Крестовников, А. С. Шахов. М. : Металлургиздат, 1961

8. Клушин, Д. Н. О бесштейновой технологии переработки медных и медно-цинковых концентратов / Д. Н. Клушин // Цветные металлы. 1984, № 4. С. 12

9. Бектурганов, Н. С. Бесштейновая переработка высококремнистых медных концентратов / Н. С. Бектурганов, В. Г. Шкодин // Цветные металлы. 1984. № 12. С. 14.

10. Онаев, И. А. Восстановление сульфидов / И. А. Онаев, В. С. Спитченко. Алма-Ата : Наука КазССР, 1988. 144 с.

11. Чижиков, Л. М. О кинетике взаимодействия сульфидов железа, меди, свинца и цинка с газами-восстановителями / Л. М. Чижиков, Ю. В. Румянцев, Т. Б. Гольштейн // Докл. АН СССР. 1974. № 2. С. 406–407 ; 1974. № 7. С. 926.

12. Ванюков, А. В. Фазовые равновесия в системе медь–сера / А. В. Ванюков, В. П. Быстров, В. А. Снурникова // Цветные металлы. № 11. С. 11–17.

13. Ванюков, А. В. Термическая диссоциация сульфидов металлов / А. В. Ванюков, Р. Я. Исакова, В. П. Быстров. Алма-Ата : Наука КазССР, 1978. 272 с.

14. Патент США, № 38382

15. Панфилов, П. Ф. Восстановление сульфидов цветных металлов металлическими железом и цинком / П. Ф. Панфилов, Ш. А. Болгожин, В. В. Шумаков // Окисление и восстановление сульфидов металлов. Алма-Ата : Наука КазССР, 1972. С. 52.

16. Восстановление сульфидов металлов карбидом кальция / П. Ф. Панфилов, Ш. А. Болгожин, В. В. Шумаков, В. Д. Пономарев // Изв. вузов. Цв. металлургия. 1969. № 4.

17. Вольский А. Н. Теория металлургических процессов / А. Н Вольский, Е. М. Сергиевская. М. : Металлургия, 1968.

N. V. Oleynikova, V. S. Chekushin

THERMODYNAMICS OF CUPPER RECOVERING FROM OXYGEN AND SULPHIDE COMPOUNDS

It is shown the results of thermodynamic analysis of cupper recovering from oxygen and sulphide compounds with using as a restorer the electric-donor carbonic, hydrocarbon substances, hydrogen and also sulfide sulfur.

УДК 519.71; 62.50

В. М. Осипов, В. В. Осипов

УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕПЛИЦЕВЫХ МАТРИЦ И ИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

Впервые введено понятие и дано определение устойчивости односторонних теплицевых матриц. Оно непосредственно связано с понятием устойчивости линейных динамических систем, модели которых, полученные на основе метода точечных представлений, имеют в качестве передаточных теплицевы матрицы. Установлена связь данных матриц с известным понятием положительной определенности матриц.

Введем в рассмотрение одностороннюю (треугольную) n-диагональную теплицеву матрицу (N Ч N) ($N \geq n$) вида

$$T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)=\begin{bmatrix} б_0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 2б_1 & б_0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 2б_k & \cdots & 2б_1 & б_0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 2б_{n-1} & \cdots & 2б_k & \cdots & 2б_1 & б_0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 2б_{n-1} & \cdots & 2б_k & \cdots & 2б_1 & б_0 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 2б_{n-1} & \cdots & 2б_k & \cdots & 2б_1 & б_0 \end{bmatrix}=$$

$$=б_0 E_N + 2\sum_{k=1}^{n-1} б_k Z^k \, (N \times N) \qquad (1)$$

с элементным N-вектором

$$\bar{б}^{(N)} = \mathrm{Colon}\left[б_0,\, 2б_1, \cdots 2б_k, \cdots 2б_{n-1},\, 0, \cdots 0\right], \quad (2)$$

являющимся первым столбцом матрицы, поэтому мы можем записать:

$$\bar{б}^{(N)} = T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)\bar{e}_1^{(N)}, \qquad \bar{e}_1^{(N)} = \mathrm{Colon}\left[1,\, 0, \cdots 0\right]. \quad (3)$$

Символом Z^k $\left(k = 0, 1, \ldots (n-1)\right)$ обозначим канонические матрицы сдвига размерности (N Ч N), введенные в [1; 2]. Это теплицевы матрицы вида (1) с элементными N-векторами в виде единичных векторов

$$\bar{e}_{k+1}^{(N)} = \mathrm{Colon}\left[\underbrace{0, \cdots 0,}_{k}\ 1,\, 0, \cdots 0\right] \quad (k = \overline{0, n-1}), \quad (4)$$

т. е.

$$Z^k = T_n\left(\bar{б}_{k+1}^{(N)};Z\right)= k\left\{\begin{bmatrix} 0 & & & & & & \\ \vdots & \ddots & & & & & \\ 0 & \cdots & 0 & & & & \\ 1 & \ddots & & 0 & & & \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & & \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & & \ddots & \\ 0 & \cdots & 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}\right.$$

$$(N \times N) \quad (k = \overline{0, n-1}). \qquad (5)$$

При $k = 0$ очевидным образом получаем единичную матрицу $E_N = Z^0$.

Канонические матрицы (5) образуют линейно независимую систему теплицевых матриц, играющую роль базисных элементов в пространстве теплицевых матриц (N Ч N) вида (1), аналогично тому, как система единичных N-векторов (4) выполняет такую же роль в N-мерном векторном пространстве. Очевидно, полиномиальное представление в (1) есть разложение теплицевой матрицы по базису.

Введем l_1-норму элементного N-вектора (2)

$$\left\|\bar{б}^{(N)}\right\|_1 = \left|б_0\right| + 2\sum_{k=1}^{n-1}\left|б_k\right| \qquad (6)$$

и максимальную столбцевую норму матрицы (1)

$$\left\|T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1 = \left|б_0\right|\left\|E_N\right\|_1 + 2\sum_{k=1}^{n-1}\left|б_k\right|\left\|Z^k\right\|_1 = \left\|\bar{б}^{(N)}\right\|_1, \quad (7)$$

которая подчинена и согласована с векторной l_1-нормой [3], а в нашем случае эти нормы будут просто совпадать, так как для столбцевой нормы канонических матриц имеют место равенства

$$\left\|Z^k\right\|_1 = 1 \quad (\forall k = 0, 1, \ldots) \quad \left(Z^0 = E_N\right).$$

Заметим, что нормы (6) и (7) при $n < N$ не зависят от N – порядка матриц.

Множество теплицевых матриц (N Ч N) вида (1) при всяких $n \leq N$ образуют линейное нормированное пространство. Но в нем определена и коммутативная операция умножения матриц, не выводящая за пределы указанного множества в силу свойств нильпотентности канонической матрицы Z (N Ч N):

$$Z^k \equiv 1 \quad \forall k \geq N, \qquad (8)$$

причем при всех $m + n \leq N - 1$ для введенной матричной нормы выполняется кольцевое свойство:

$$\left\|T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)T_m\left(\bar{b}^{(N)};Z\right)\right\|_1 \leq \left\|T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1\left\|T_m\left(\bar{b}^{(N)};Z\right)\right\|_1 =$$

$$= \left\|\bar{б}^{(N)}\right\|_1\left\|\bar{b}^{(N)}\right\|_1.$$

Таким образом, указанное множество теплицевых матриц вида (1) образует коммутативную нормированную алгебру с единицей (нормированное кольцо) [1; 2]. Роль единицы, естественно, выполняет единичная матрица E_N. Обозначим эту алгебру символом $AT_N(Z)$.

Всякой теплицевой матрице вида (1) может быть поставлен в однозначное соответствие порождающий полином

$$P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right)=б_0+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k \qquad (9)$$

комплексной переменной z с теми же вещественными коэффициентами, которые имеет матрица (1) в своем полиномиальном представлении по степеням матрицы Z (N ЧN), т. е. в своем разложении по каноническому базису (5). Отметим, что именно это представление дало основание в [1; 2] назвать теплицеву матрицу (1) полиномиальной или просто P-матрицей. Эти термины, однако, мы использовать не будем.

Если полиномы вида (9) как функции комплексного переменного при всяком $n \le N$ задать в единичной круговой области $|z|\le 1$ комплексной плоскости z и снабдить переменную z свойством нильпотентности порядка N, т. е. считать, что

$$z^k \equiv 1 \quad \forall k \ge N \qquad (10)$$

(как уже отмечалось, это характерно для канонической матрицы Z (N Ч N)), то максимальное значение модуля комплексного полинома (9), которого он достигнет на границе единичной круговой области $|z|=1$, причем и $\left|z^k\right|=1 \quad (k=\overline{0,n-1})$, будет равно

$$\left|P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right)\right|_{\max}=|б_0|+2\sum_{k=1}^{n-1}|б_k|=$$
$$=\left\|T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1=\left\|\overline{б}^{(N)}\right\|_1=\|P_n\|_1 \qquad (11)$$

и совпадает с l_1-нормой элементного N-вектора (6) матрицы (1) и такой же ее нормой (7), поэтому может быть названо также нормой полинома (9).

Во множестве P_N всевозможных полиномов вида (9), определенных в круге $|z|\le 1$ и имеющих степени, не превышающие (N – 1) ($n \le N$), содержится, очевидно, единица как полином нулевой степени и определены операции сложения и умножения на число, а также коммутативная операция умножения полиномов, которая, в силу условия нильпотентности (10) комплексной переменной z, также не выходит за пределы множества P_N, причем для нормы произведения при всех $m + n \le N - 1$ выполняется условие

$$\left\|P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right)P_m\left(\overline{b}^{(N)};z\right)\right\|_1 \le \left\|P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right)\right\|_1 \left\|P_m\left(\overline{b}^{(N)};z\right)\right\|_1 =$$
$$=\left\|\overline{б}^{(N)}\right\|_1\left\|\overline{b}^{(N)}\right\|_1,$$

аналогичное такому же условию для норм соответствующих теплицевых матриц.

Указанные выше операции обладают всеми свойствами, необходимыми для определения множества P_N как нормированной и коммутативной алгебры с единицей (нормированного кольца) полиномов вида (9), заданных в круговой области $|z|\le 1$ и имеющих степени, не превышающие величины (N – 1). Обозначим эту алгебру символом $AP_N(z)$.

В силу однозначного соответствия

$$T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)=б_0E_N+2\sum_{k=1}^{n-1}б_kZ^k \xleftrightarrow{Z\leftrightarrow z} б_0+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k =$$
$$=P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right) \qquad (12)$$

и равенства (11) для норм, алгебра $AT_N(Z)$ теплицевых матриц вида (1) становится изометрически изоморфной алгебре $AP_N(z)$ соответствующих порождающих полиномов вида (9) [1; 2]. В частности, это означает, что всякие операции над матрицами – элементами алгебры $AT_N(Z)$ – одновременно осуществляются и над соответствующими порождающими полиномами – элементами алгебры $AP_N(z)$, причем результаты этих операций как элементы своих алгебр сохраняют между собой прежние взаимно однозначные соответствия.

Вернемся к матрице (1). При любой ее конечной размерности и любом наборе $\{б_k\}$ ее конечных элементов, причем $б_0 \ne 0$, эта n-диагональная теплицева матрица окажется невырожденной, так как

$$\mathrm{Det}T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)=б_0^N \ne 0 \quad \forall N \ge n.$$

При $б_0=1$ будем иметь матрицу вида (1), но с единичной главной диагональю

$$T_n^{(1)}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)=E_N+2\sum_{k=1}^{n-1}б_kZ^k \quad (N\times N) \quad (N\ge n), \qquad (13)$$

определитель которой равен единице при любых N, включая и предельный случай $N\to\infty$. Матрицу (1) можно выразить через матрицу (13), рассматривая $б_0>0$ в качестве общего множителя всех других элементов:

$$T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)=б_0\left[E_N+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k^*Z^k\right]=$$
$$=б_0\cdot T_n^{(1)}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right) \quad б_k^*=\frac{б_k}{б_0} \quad (k=\overline{1,n-1}). \qquad (14)$$

Очевидно, при любых $б_0>0$ свойства матриц (13) и (14) совпадают, но матрица (13) с единичной главной диагональю более удобна при рассмотрении этих свойств, поэтому далее вместо матрицы (1) будем использовать матрицу (13), опуская в обозначении все введенные верхние индексы, т. е. считая в (1) $б_0=1$ при прежнем обозначении:

$$T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)=E_N+2\sum_{k=1}^{n-1}б_kZ^k \quad (N\times N) \quad (N\ge n). \qquad (15)$$

Этой теплицевой матрице будет соответствовать порождающий полином

$$P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right)=1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k \qquad (16)$$

с единичным свободным членом, заданным в единичной круговой области $|z| \le 1$. При необходимости элемент $б_0 \ne 1$ может быть учтен путем умножения на него всех элементов матрицы (15) и коэффициентов соответствующего полинома (16). Очевидно, теплицевы матрицы вида (15) остаются элементами алгебры $AT_N(Z)$, а соответствующие им полиномы (16) – элементами алгебры $AP_N(z)$, изометрически изоморфной алгебре $AT_N(Z)$.

Итак, будем работать с теплицевыми матрицами вида (15), т. е. с теми же матрицами вида (1), но при $б_0 = 1$. Для таких матриц при любых $N \ge n$ существуют обратные матрицы (NЧN) того же вида, но с N диагоналями:

$$T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right) = E_N + 2\sum_{k=1}^{T-1} в_k Z^k \quad (N \times N), \qquad (17)$$

и полновесными элементными N-векторами

$$\overline{в}^{(N)} = \mathrm{Colon}\left[1, в_1, ..., в_k, ..., в_{N-1}\right] = T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\overline{e}_1^{(N)} \quad (18)$$

с l_1-нормами

$$\left\|\overline{в}^{(N)}\right\|_1 = \left\|T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1 = 1 + \sum_{k=1}^{N-1}|в_k| = \sum_{k=0}^{N-1}|в_k|, \quad в_0 = 1. \quad (19)$$

По выражению (18) следует, что элементный N-вектор $\overline{в}^{(N)}$ обратной матрицы (17) при любых $N \ge n$, есть единственное решение уравнения

$$T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\overline{в}^{(N)} = \overline{e}_1^{(N)}. \qquad (20)$$

Это, в частности, означает, что (n – 1) конечных элементов $б_k$ $(k = \overline{1, n-1})$ исходной n-диагональной матрицы (15) определяют все (N – 1) элементов $в_k$ $(k = \overline{1, n-1})$, $в_0 = 1$ обратной матрицы (17). При всяком конечном N и любом наборе конечных элементов $б_k$ $(k = \overline{1, n-1})$ нормы (19) обратной матрицы (17) также являются конечной величиной. Однако при $N \to \infty$ сумма в (19) становится числовым рядом с положительными членами:

$$\lim_{N\to\infty}\left\|T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1 = \lim_{N\to\infty}\left\|\overline{в}^{(N)}\right\|_1 = \sum_{k=0}^{\infty}|в_k|, \quad в_0 = 1, \quad (21)$$

и для конечности l_1-нормы матрицы (17) в этом случае уже требуется сходимость ряда в (21), что возможно лишь при определенных ограничениях на члены ряда, т. е. необходимы некоторые ограничения на элементы $б_k$ $(k = \overline{1, n-1})$ исходной матрицы (15), которые определяют все свойства элементов $в_k$ обратной матрицы (17) при любом N.

Таким образом, может быть выделен класс теплицевых матриц вида (15) (или вида (1) при $б_0 = 1$), элементы которых $б_k$ $(k = \overline{1, n-1})$, кроме конечности обладают еще дополнительными свойствами, обеспечивающими конечность норм соответствующих обратных матриц при $N \to \infty$.

Введем следующее *определение*. Одностороннюю n-диагональную теплицеву матрицу (15) назовем устойчивой, если l_1-норма обратной ей матрицы (17) при $N \to \infty$ окажется конечной величиной, т. е. если будет сходиться ряд (21).

Введенное понятие устойчивости односторонней теплицевой матрицы связано с использованием точечных моделей в теории линейных динамических систем [1; 2]. Дело в том, что векторно-матричные равенства вида

$$T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\overline{X}^{(N)} = \overline{U}^{(N)} \Leftrightarrow \overline{X}^{(N)} = T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)\overline{U}^{(N)} \quad (22)$$

могут рассматриваться как точечные модели линейных динамических систем, описываемых линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами и связывающих точечные изображающие N-векторы входного сигнала $\overline{U}^{(N)}$ и выходного $\overline{X}^{(N)}$ [1; 2].

Для l_1-нормы точечного изображающего N-вектора выхода имеем оценку

$$\left\|\overline{X}^{(N)}\right\|_1 \le \left\|T_n^{-1}\left(\overline{\alpha}^{(N)};Z\right)\right\|_1 \left\|\overline{U}^{(N)}\right\|_1. \qquad (23)$$

Норма окажется конечной величиной при любых N, включая и предельный случай $N \to \infty$, если такие же нормы входного N-вектора $\overline{U}^{(N)}$ и матрицы $T_n^{-1}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)$ окажутся ограниченными при $N \to \infty$, т. е. если теплицева матрица $T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)$ окажется устойчивой в смысле данного определения. Как установлено в [1], это означает устойчивость моделируемой динамической системы в обычном смысле, точнее в смысле «ограниченный вход – ограниченный выход».

Не вдаваясь в детали, отметим, что последнее связано с принципиально важным фактом: гомоморфизм алгебраических структур временных сигналов и их точечных представлений при $N \to \infty$ переходит в изометрический изоморфизм. При этом точечные модели динамических систем типа (22) становятся точными [1].

Введем еще одно понятие. Порождающий полином (16) односторонней n-диагональной теплицевой матрицы (15) будем называть также характеристическим полиномом этой матрицы, а алгебраическое уравнение степени (n – 1)

$$P_n\left(\overline{б}^{(N)};z\right) = 1 + 2\sum_{k=1}^{n-1} б_k z^k = 1 + 2б_1 z + 2б_2 z^2 + ... +$$

$$+ 2б_k z^k + ... + 2б_{n-1} z^{n-1} = 0 \qquad (24)$$

– ее характеристическим уравнением.

Уравнение (24) не зависит от размерности (N Ч N) матрицы и определяется ее элементами $б_k$ как коэффициентами, причем $б_{n-1} \ne 0$. Число

диагоналей матрицы (15), а это $n \le N$, определяет степень $(n-1)$ уравнения (24). А свойства характеристического полинома, естественно, определяют свойства соответствующей теплицевой матрицы.

Теорема 1. Для устойчивости односторонней n-диагональной теплицевой матрицы вида (15) необходимо и достаточно расположения всех корней ее характеристического уравнения (24) за пределами единичной круговой области, т. е. в области $|z|>1$.

Доказательство. Оно может быть наиболее эффективно выполнено на основе фундаментального положения об изометрическом изоморфизме алгебры $AT_N(Z)$ теплицевых матриц вида (1) (или (15)) и алгебры $AP_N(z)$ соответствующих порождающих (характеристических) полиномов. Как уже отмечалось, это означает однозначное соответствие всех алгебраических операций, осуществляемых над соответствующими элементами этих алгебр. Для операции обращения можем записать:

$$T_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)=\left(E_N+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k Z^k\right)^{-1}\xleftrightarrow{Z\leftrightarrow z}\left(1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k\right)^{-1}=$$

$$=P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)=\frac{1}{P_n\left(\bar{б}^{(N)};z\right)}=\frac{1}{1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k}. \qquad (25)$$

Если характеристический (порождающий) полином

$$P_n\left(\bar{б}^{(N)};z\right)=1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k, \qquad (26)$$

заданный в единичной круговой области $|z|\le 1$, не имеет в ней нулей, т. е. уравнение (24) не имеет корней в этой области, то обратная функция $P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)$ комплексного переменного z окажется аналитической в круговой области $|z|\le 1$ и, следовательно, может быть представлена в ней степенным рядом Тейлора при $z=0$:

$$P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)=\frac{1}{1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k z^k}=1+\sum_{k=1}^{\infty}в_k z^k. \qquad (27)$$

Ряд сходится абсолютно для всех z из единичного круга $|z|\le 1$, включая и его границу $|z|=1$, поэтому для максимума модуля функции (27), принятого за его норму, при любых конечных N будем иметь

$$\left\|P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)\right\|_1=\max_{|z|=1}\left|P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)\right|=1+\sum_{k=1}^{N-1}|в_k|. \qquad (28)$$

В силу изометрии алгебр, вместо соответствия (25) получим равенство для норм указанных элементов

$$\left\|T_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1=\left\|P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)\right\|_1=$$

$$=\sum_{k=0}^{N-1}|в_k|;\quad в_0=1. \qquad (29)$$

Очевидно, что в силу абсолютной сходимости ряда в (27) при $|z|=1$ в предельном случае при $N\to\infty$ окажется

$$\lim_{N\to\infty}\left\|T_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)\right\|_1=\lim_{N\to\infty}\left\|P_n^{-1}\left(\bar{б}^{(N)};z\right)\right\|_1=$$

$$=\lim_{N\to\infty}\sum_{k=0}^{N-1}|в_k|=\sum_{k=0}^{\infty}|в_k|<\infty. \qquad (30)$$

По определению, это означает устойчивость матрицы $T_n\left(\bar{б}^{(N)};Z\right)$. Теорема доказана.

Эта теорема содержит принципиально важное положение, касающееся размещения корней характеристического уравнения, гарантирующего устойчивость теплицевых матриц вида (1), но не дает какого-либо конструктивного алгоритма проверки выполнения этого требования. Однако на основе этой теоремы могут быть получены вполне конструктивные признаки устойчивости теплицевых матриц, не требующие определения корней характеристического уравнения. Некоторые из них будут рассмотрены ниже.

Вернемся к характеристическому полиному (26) теплицевой матрицы (15). Найдем его представление на единичной окружности $|z|=1$ – граничной кривой круговой области $|z|\le 1$, в которой определен полином. Положим $z=e^{iри}$ $(-1\le и\le 1)$ и отделим вещественную и мнимую части:

$$P_n\left(\bar{б}^{(N)};e^{iри}\right)=1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k e^{ikри}=P_n(и)+iQ_n(и), \qquad (31)$$

где

$$P_n(и)=\mathrm{Re}\left(1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k e^{ikри}\right)=1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k\cos kри; \qquad (32а)$$

$$Q_n(и)=\mathrm{Im}\left(1+2\sum_{k=1}^{n-1}б_k e^{ikри}\right)=2\sum_{k=1}^{n-1}\alpha_k\sin kри. \qquad (32б)$$

Вещественная часть $P_n(и)$ есть четный тригонометрический полином порядка n с такими же коэффициентами, какие имеет порождающий полином (26). Это означает, что тригонометрический полином (32а) способен характеризовать свойства как порождающего полинома (26), так и свойства соответствующей матрицы вида (15), в частности ее устойчивость в смысле данного ранее определения.

Теорема 2. Если четный тригонометрический полином (32а), как 2-периодическая функция окажется положительным, то теплицева матрица (15) будет устойчивой.

Доказательство. Согласно принципу аргумента теории функций комплексного переменного [4], при полном обороте вектора $z=e^{iри}$ вокруг начала координат плоскости z в положительном

направлении (против часовой стрелки) вектор (31), расположенный в комплексной плоскости (P_n, iQ_n), сделает столько полных оборотов вокруг начала координат этой плоскости, сколько нулей имеет полином (26) внутри единичного круга $|z| \le 1$. Предположим, что при $и = 0$ (z = 1) тригонометрический полином (32а) как вещественная часть вектора (31) оказался положительным. Тогда мнимая часть (32б) как нечетная функция будет равна нулю и вектор (31) займет горизонтальное положение, совпадающее с положительным направлением оси P_n комплексной плоскости (P_n, iQ_n):

$$P_n\left(\overline{б}^{(N)};1\right) = P_n(0) = 1 + 2\sum_{k=1}^{n-1} б_k > 0. \qquad (33)$$

Если при изменении переменной и от 0 до 2 тригонометрический полином (32а) сохранит свой положительный знак (вектор $z = e^{iри}$ при этом повернется на угол 2π, делая один оборот вокруг начала координат и перемещаясь своим концом по единичной окружности в положительном направлении), то это будет означать, что годограф вектора (31) останется в пределах правой полуплоскости комплексной плоскости (P_n, iQ_n) и не пересечет ее мнимой оси iQ_n, т. е. никакого вращения этого вектора вокруг начала координат происходить не будет. Согласно принципу аргумента, это означает отсутствие нулей у характеристического полинома (26) в единичной круговой области $|z| \le 1$ и, следовательно, устойчивость теплицевой матрицы $T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)$, согласно теореме 1. Теорема доказана.

Отметим еще один результат, устанавливающий связь между свойствами устойчивости и положительной определенности теплицевых матриц. Построим квадратичные формы

$$\left(T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) = \left(\overline{U}^{(N)},T^{+}\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)}\right), \qquad (34)$$

здесь для сокращения записи использовано обозначение $T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right) = T_n\left(\overline{б}^{(N)};Z\right)$.

Будем предполагать, что произвольный N-вектор

$$\overline{U}^{(N)} = \mathrm{Colon}\left[U_1, \cdots U_ν, \cdots U_N\right] \qquad (35)$$

при любых $N \ge n$ имеет конечную l_1-норму. Равенство (34) возникает в силу свойства скалярного произведения, которое порождает транспонированную верхнетреугольную теплицеву матрицу

$$T_n^{+}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right) = T_n^{+}\left(\overline{б}^{(N)};Z\right) = E_N + 2\sum_{k=1}^{n-1} б_k\left(Z^{+}\right)^k$$

$$(N \times N) \quad (N \ge n). \qquad (36)$$

Равенство (34) позволяет представить квадратичную форму в виде

$$\left(T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) = \frac{1}{2}\left[\begin{array}{l}\left(T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) + \\ + \left(T_n^{+}\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right)\end{array}\right] =$$

$$= \left(\frac{1}{2}\left[T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right) + T_n^{+}\left(\overline{α}^{(N)}\right)\right]\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) =$$

$$= \left(ST_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right), \qquad (37)$$

где

$$ST_n\left(\overline{б}^{(N)}\right) = \frac{1}{2}\left[T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right) + T_n^{+}\left(\overline{б}^{(N)}\right)\right] =$$

$$= E_N + \sum_{k=1}^{n-1} б_k\left[Z^k + \left(Z^{+}\right)^k\right] \qquad (38)$$

есть симметричная (2n – 1)-диагональная теплицева матрица $(N \times N)$ $(N \ge n)$ с единичной главной диагональю.

Квадратичные формы в (37), построенные на указанных выше теплицевых матрицах, будут теплицевыми формами четного тригонометрического полинома (32а) [5], причем при всех $N \ge n$ имеет место представление

$$\left(ST_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) = \left(T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) =$$

$$= \sum_{k=1}^{N}\sum_{m=1}^{N} б_{k-m} U_k U_m. \qquad (39)$$

Если квадратичные формы в (39) положительны при любых N-мерных векторах (35) с конечными l_1-нормами, то они называются положительно определенными. Это понятие распространяется и на теплицевы матрицы, на которых строятся указанные квадратичные формы.

Известен следующий результат [5; 6].

Утверждение 1. Для положительного четного тригонометрического полинома

$$P_n(и) = 1 + 2\sum_{k=1}^{n-1} б_k \cos kри \qquad (40)$$

необходимо и достаточно положительной определенности теплицевых форм (39), т. е. выполнения условия

$$\left(T_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) = \left(ST_n\left(\overline{б}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right) > 0 \qquad (41)$$

для всех $N \ge n$.

Обратное утверждение также верно: положительность полинома (40) с необходимостью означает выполнения условия (41).

Это утверждение и теорема 2 позволяют сформулировать следующий результат.

Теорема 3. Для устойчивости односторонней n-диагональной теплицевой матрицы (15) необходимо и достаточно выполнения условия (41), т. е. положительной определенности при всех $N \ge n$ самой матрицы (15) и, что равносильно, симметричной теплицевой (2n – 1)-диагональной матрицы (38).

Доказательство. Если выполняются условия теоремы 3, которые, согласно утверждению 1, одновременно являются необходимыми и достаточными условиями положительности полинома (40), то, в силу теоремы 2, односторонняя теплицева матрица (15) окажется устойчивой.

Следствие. Если односторонняя *n*-диагональная теплицева матрица (15) устойчива, то при всех $N \geq n$ будет устойчивой и обратная ей матрица

$$T_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)=E_N+2\sum_{k=1}^{T-1}\text{в}_k Z^k \quad (N\times N). \tag{42}$$

Рассмотрим векторно-матричное уравнение с невырожденной теплицевой матрицей (15) и произвольным *N*-вектором $\overline{U}^{(N)}$ в правой части:

$$T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\overline{X}^{(N)}=\overline{U}^{(N)}. \tag{43}$$

Умножим скалярно обе стороны этого уравнения на *N*-вектор $\overline{X}^{(N)}$:

$$\left(T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\overline{X}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right)=\left(\overline{U}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right).$$

Если выполняется условие

$$\left(T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\overline{X}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right)=$$
$$=\left(\overline{U}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right)>0 \quad (\forall N\geq n), \tag{44}$$

то, согласно теореме 3, матрица $T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)$ будет устойчивой. Единственное решение уравнения (43)

$$\overline{X}^{(N)}=T_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\overline{U}^{(N)} \tag{45}$$

умножим скалярно на *N*-вектор $\overline{U}^{(N)}$:

$$\left(\overline{X}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right)=\left(\overline{U}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right)=\left(T_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right).$$

В силу (44) окажется

$$\left(\overline{U}^{(N)},\overline{X}^{(N)}\right)=\left(T_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\cdot\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right)>0$$
$$(\forall N\geq n), \tag{46}$$

что означает положительную определенность матрицы (42) и, следовательно, ее устойчивость, согласно теореме 3.

Замечание. Утверждение следствия непосредственно вытекает и по факту однозначного соответствия алгебраических операций, осуществляемых над элементами изоморфных алгебр $AT_N(Z)$ и $AP_N(z)$, т. е. над теплицевыми матрицами вида (15) и их порождающими (характеристическими) полиномами. Это фундаментальное положение было использовано при доказательстве теоремы 1.

Для операции обращения односторонней теплицевой матрицы $T_n\left(\overline{\alpha}^{(N)};Z\right)$ будем иметь следующее представление для характеристических полиномов:

$$P_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};z\right)=\frac{1}{1+2\sum_{k=1}^{n-1}\text{б}_k z^k}=1+\sum_{k=1}^{N-1}\text{в}_k z^k, \quad (\forall N\geq n).\cdot$$

Оно возможно, если полином $P_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};z\right)=1+2\sum_{k=1}^{n-1}\text{б}_k z^k$ не будет иметь нулей внутри единичной круговой области $|z|\leq 1$, т. е. если соответствующая матрица $T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)$ устойчива.

Формально имеет место и равенство обратных сумм

$$\frac{1}{1+\sum_{k=1}^{N-1}\text{в}_k z^k}=1+2\sum_{k=1}^{n-1}\text{б}_k z^k, \quad (\forall N\geq n),$$

которое также возможно лишь при условии отсутствия нулей внутри единичного круга $|z|\leq 1$ у полинома $P_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};z\right)$ при всех $N\geq n$, что означает устойчивость обратной матрицы $T_n^{-1}\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)$.

Итак, свойство устойчивости односторонних теплицевых матриц вида (1) (или (15)), в смысле данного ранее определения, эквивалентно свойству положительной определенности как самих этих матриц, так и их симметричных двойников (38), что сводится к требованию положительности соответствующих квадратичных (теплицевых) форм при всех $N\geq n$, т. е. к условию

$$\left(T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right)=\left(ST_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)}\right)\overline{U}^{(N)},\overline{U}^{(N)}\right)>0. \tag{47}$$

Непосредственная проверка этого условия означала бы либо определение всех (вещественных) собственных значений симметричной матрицы $ST_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)}\right)$ при различных $N\geq n$, которые все должны быть положительными, либо проверку по критерию Сильвестра. И то, и другое в общем случае оказывается задачей аналитически неразрешимой. Это означает крайнюю неконструктивность условия (47). Значительно более конструктивным является утверждение теоремы 2, согласно которому устойчивость матрицы (15) и, следовательно, ее положительная определенность гарантируется положительностью тригонометрического полинома (32а), т. е. выполнением условия

$$P_n(\text{и})=1+2\sum_{k=1}^{n-1}\text{б}_k\cos k\text{ри}>0\text{б} \quad (-1\leq\text{и}\leq 1), \tag{48}$$

что возможно при определенных ограничениях на коэффициенты полинома. Такие ограничения определяют так называемые достаточные признаки положительности. Рассмотрим один такой признак.

Теорема 4. Если l_1-норма односторонней n-диагональной теплицевой матрицы (15) удовлетворяет условию

$$\left\|T_n\left(\overline{\text{б}}^{(N)};Z\right)\right\|_1=1+2\sum_{k=1}^{n-1}\left|\text{б}_k\right|<2, \tag{49}$$

то четный тригонометрический полином (32а) окажется положительным за период, а матрица устойчивой.

Доказательство. Попытаемся найти те ограничения, которые нужно наложить на элементы $б_k$ симметричной теплицевой матрицы (38), чтобы все ее вещественные собственные значения оказались положительными, что означало бы положительную определенность матрицы, положительность тригонометрического полинома (32а) и, следовательно, устойчивость матрицы (15).

Все круги Гершгорина для симметричной теплицевой матрицы (38) сливаются в один круг

$$|z-1| < 2\sum_{k=1}^{n-1}|б_k| = R \qquad (50)$$

с центром на вещественной оси комплексной плоскости z в точке $z = 1$ и радиусом

$$2\sum_{k=1}^{n-1}|б_k| = R. \qquad (51)$$

Круг (50) отсекает на вещественной оси отрезок $[1 - R, 1 + R]$, в котором и располагаются все вещественные собственные значения симметричной теплицевой матрицы $ST_n\left(б^{(N)}\right)$. Других собственных значений матрица не имеет. Очевидно, указанный отрезок будет целиком располагаться на положительной половине вещественной оси и все собственные значения матрицы окажутся положительными, если будет выполняться условие

$$1 - R > 0 \Leftrightarrow R = 2\sum_{k=1}^{n-1}|б_k| < 1, \qquad (52)$$

что эквивалентно условию (49) для l_1-нормы матрицы (15). Теорема доказана.

Отметим, что условие (52) определяет множество положительно определенных матриц вида (38) со строгим диагональным преобразованием. Условие (49) или (52) легко проверяемо для любой теплицевой матрицы вида (15), но является довольно жестким ограничением, поскольку оно выделяет узкий класс устойчивых теплицевых матриц.

Библиографический список

1. Осипов, В. М. Моделирование линейных динамических систем методом точечных представлений / В. М. Осипов, В. В. Осипов. М. : МАКС-Пресс, 2005. 296 с.

2. Osipov, V. M. Pointwise representation method / V. M. Osipov, V. V. Osipov // Electronic J. of Differential Equations. 2005. № 12. P. 103–116.

3. Полиа, Г. Задачи и теоремы анализа / Г. Полиа, Г. Сеге. М. : Наука, 1978. Ч. 2. 431 с.

4. Ахиезер, Н. И. Классическая проблема моментов / Н. И. Ахиезер. М. : Физматгиз, 1961. 310 с.

5. Хорн, Р. Матричный анализ / Р. Хорн, Ч. Джонсон. М. : Мир, 1989. 655 с.

6. Маркушевич, А. И. Краткий курс теории аналитических функций / А. И. Маркушевич. М. : Гостехтеоретиздат, 1957. 335 с.

V. M. Osipov, V. V. Osipov

STABILITY OF TOEPLITZ TYPE MATRIXES AND THEIR POSITIVE DETERMINATION

For the first time the term and the meaning of Toeplitz type matrixes stability are given in. It's connected with a stability of linear dynamic systems phenomenon, which models worked out on the point method have Toeplitz type matrixes as a transmission. It is also set the connection of the matrixes with the known notion of positive matrixes determination.

УДК 669.715

Е. А. Павлов, С. В. Боговалов, В. Н. Тимофеев, Д. С. Надточий

МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ В МИКСЕРАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Рассмотрены результаты моделирования нестационарного и стационарного магнитогидродинамического перемешивания алюминиевых расплавов в миксерах сопротивления. Математическое моделирование осуществлено на основе совместного использования программ « Ansys Emag» и «Ansys CFX»

В последнее время в цветной металлургии и литейном производстве все большее распространение получают электротехнологические установки, предназначенные для получения высококачественных, многокомпонентных сплавов. Особенно велик спрос на подобные установки в литейном производстве алюминиевых сплавов. Требования к качеству алюминиевых сплавов и изделий из них постоянно растут в связи с ростом их использования практически во всех областях промышленности. И стратегии крупных металлургических компаний, таких как ОАО «Русский алюминий», «Сибирско-Уральская алюминиевая компания» и др., направлены на увеличение доли сплавов в общем объеме продукции [1].

Особое место в установках для приготовления сплавов занимают магнитогидродинамические (МГД) технологии, совмещающие простоту, надежность и высокую эффективность. Применение МГД-перемешивания для интенсификации приготовления алюминиевых сплавов является практически обязательным условием при создании современных литейно-плавильных агрегатов [2]. На сегодняшний день для приготовления сплавов на заводах ОАО «Русский алюминий» и ОАО «Сибирско-Уральская алюминиевая компания» наибольшее распространение получила технологическая установка, состоящая из поворотного миксера сопротивления и МГД-перемешивателя (МГДП).

Миксер алюминиевых сплавов (печь) с индуктором предназначен для приготовления сплавов за счет интенсификации процесса перемешивания и растворения компонентов сплава в расплаве алюминия. При включении МГДП индуктор создает электромагнитное поле, состоящее из бегущего и пульсирующего магнитного полей, по-разному проявляющихся в разных зонах индуктора, под действием которых расплавленный металл перемешивается в одной части печи (при реверсе бегущего магнитного поля расплав перемешивается в другой ее части). Для обеспечения проникновения бегущего электромагнитного поля (ЭМП) в месте установки МГДП монтируется плита из немагнитной стали. Автоматическое управление реверсированием движения магнитного поля позволяет достигать требуемых технологических параметров расплава через 10…30 мин (в зависимости от марки сплава и объема металла в миксере).

Технологическая установка для приготовления алюминиевых сплавов, состоящая из поворотного миксера и горизонтально установленного МГДП включает следующие основные части (рис. 1): металлический каркас – *1*; футеровка – *2*; ванна расплава – *3*; электронагреватели – *4*; форкамера – *5*; заливочный карман – *6*; вытяжной зонт – *7*; поворотная опора – *8*. Камера миксера имеет две тепловые зоны – нижнюю *3* со сплавом и верхнюю *9* без расплава (внутренняя полость). Под подиной миксера установлен МГД-перемешиватель *10*. Для контроля температуры нагревателей на своде имеются термопары *11*. Термопары, установленные на поверхности *12* и в глубине расплава *13*, контролируют температуру расплава соответственно у поверхности расплава и у подины. По показаниям этих термопар производится регулирование процесса приготовления сплава за счет изменения энергии, подводимой к электронагревателям.

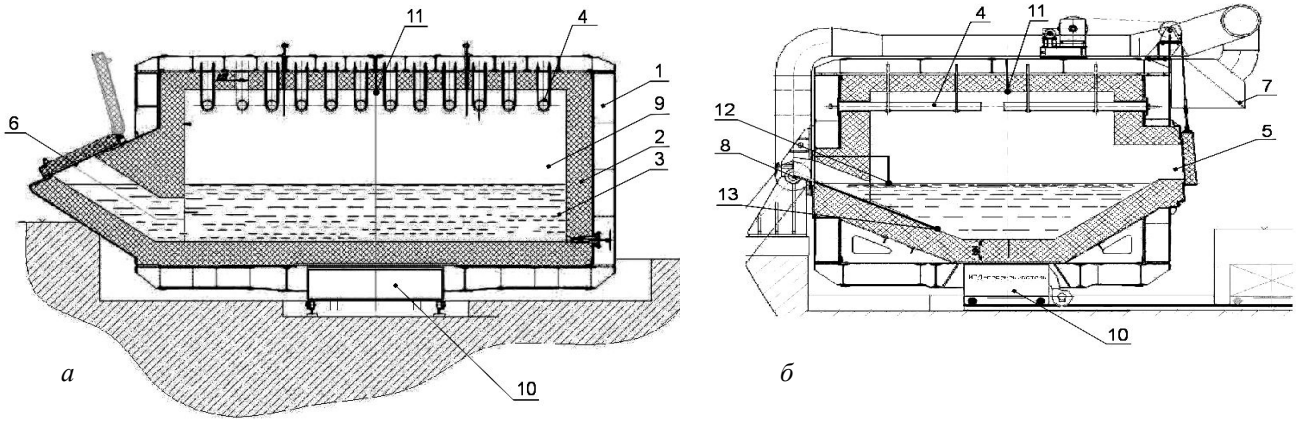


Рис. 1. Разрезы миксера сопротивления с МГДП: *а* – продольный разрез; *б* – поперечный разрез (обозначения см. в тексте)

Индуктор МГДП, устанавливаемый под подину позиция *10* (рис. 1), или с боковой стороны печи представляет собой линейную индукционную машину (ЛИМ) [3]. Ее особенности состоят в том, что она является двух- или трехфазной с $2p = 2$ и работает в условиях большого немагнитного зазора $Д_н$ = 0,2…0,5 м, что обусловливает низкий cos ц = (0,1…0,4), механический КПД и использование напряжения пониженной частоты (f = 0,1…2 Гц).

Наиболее распространенным на территории Российской Федерации является МГДП Г-2,5 производства ООО «НПЦ магнитной гидродинамики» (г. Красноярск), который представляет собой двухфазную ЛИМ с чередующимся типом обмотки [4] и предназначен для установки под подину печи для печей емкостью 10…60 т и немагнитным зазором $Д_н$ = 0,25…0,40 м. Характеристики МГДП -2,5 следующие: масса – 6 500 кг; длина – 2 185 мм; высота – 800 мм; ширина – 1 200 мм; ширина магнитопровода – 500 мм; ток фазы – 200 А; линейная плотность тока – $1{,}6 \cdot 10^5$ А/м; частота питающего напряжения – 0,5 Гц; потребляемая мощность – 120 кВА; охлаждение – воздушное принудительное.

Использование МГДП в металлургии началось еще в 60-е гг. прошлого века и основывалось в основном на эмпирическом подборе нужного индуктора для конкретной печи, так как аналитический способ анализа всей совокупности электромагнитных и термогидродинамических явлений протекающих в индукторе и пространстве печи слишком сложен [5]. Методики, предназначенные для расчета ЛИМ, позволяли рассчитать индуктор МГДП с большим запасом усилия, развиваемого в жидком металле, что в большинстве случаев не оправданно, так как при этом не учитывается достигаемый тепломассобмен и растворяемость лигатур [4; 5]. Методики, предназначенные для расчета печей, в свою очередь не учитывали МГД-воздействия, оказываемого на расплав, что делало оценку тепловой работы печи некорректной [6].

Большое количество допущений и упрощений расчетных моделей в существующих методиках и невозможность точной количественной оценки параметров технологического процесса с МГД-перемешивателем делает их малопригодными для проектирования современных литейно-плавильных агрегатов. Поэтому разработка корректных методик расчета МГД-перемешивания является весьма актуальной задачей.

Математическая модель миксера сопротивления с МГДП. Для полного учета всей совокупности физических процессов, протекающих в описанной выше технологической установке авторами была создана трехмерная численная параметрическая модель, которая позволяет исследовать электромагнитные и гидродинамические поля, получать дифференциальные и интегральные характеристики этих полей, проводить оптимизационные вычисления.

Для решения такой сложной задачи, как нестационарное МГД-перемешивание расплава в миксере, использовался прием разбиения общей задачи на две: термогидродинамическую и электромагнитную, решаемых соответственно в программах «Ansys CFX» и «Ansys Emag» (рис. 2). Взаимный учет скоростей для электромагнитной задачи и сил для гидродинамической задачи производился только в области ванны расплава, где осуществлялась итерационная корректировка скоростей и сил. Для корректного решения уравнений ЭМП в нестационарном и комплексном виде с произвольным полем скоростей в программу «Ansys Emag» были добавлены два новых конечных элемента с соответствующими формулировками.

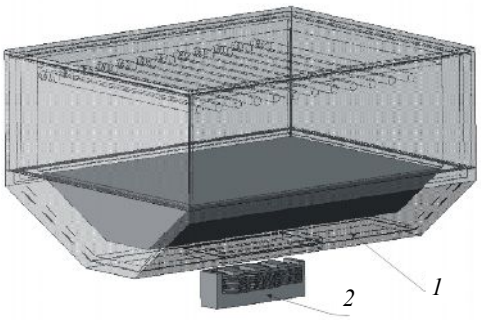


Рис. 2. Геометрия расчетной области совместной электромагнитной и термогидродинамической задачи: *1* – миксер сопротивления; *2* – индуктор МГДП

Решение электромагнитной задачи осуществлялось в областях, включающих области решения задачи электродинамики (рис. 3) и термогидродинамики (рис. 4). Область решения электромагнитной задачи включает: ванну расплава, немагнитное гнездо, обмотки индуктора, магнитопровод, непроводящую и немагнитную область, описывающую воздух. Область решения термогидродинамической задачи включает: области многослойной футеровки свода, стен, подины, ванну расплава, слой шлака, внутреннюю полость, нагреватели.

Нестационарное электромагнитное поле в расчетной области электромагнитной задачи описывается системой уравнений Максвелла без учета токов смещения [7]:

$$\mathrm{rot}\overline{H} = \gamma\left(\overline{E} + \left[\overline{\upsilon} \times \overline{B}\right]\right); \quad (1)$$

$$\mathrm{rot}\overline{E} = -\frac{\partial \overline{B}}{\partial t}; \quad (2)$$

$$\mathrm{div}\overline{B} = 0. \quad (3)$$

Система уравнений (1), (2), (3) должна быть дополнена следующим материальным уравнением:

$$\overline{B} = \mu_0 \mu_r \overline{H}.$$

Эта система решается путем замены [7]:

$$\overline{B} = \mathrm{rot}\overline{A}$$

Используя кулоновскую калибровку

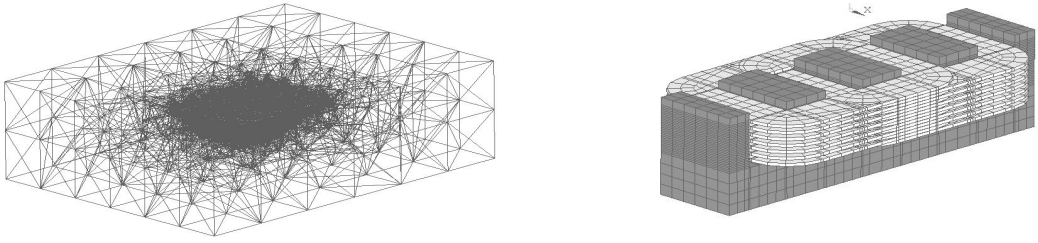
$$\mathrm{div}\,\overline{A} = 0,$$

а также считая, что магнитная проницаемость в каждой области постоянна, систему уравнений Максвелла можно привести к следующему виду [7]:

$$\frac{\partial \bar{A}}{\partial t} = \frac{1}{\mu_a \gamma} \operatorname{div} \cdot \operatorname{grad} \bar{A} - \nabla\varphi + [\bar{\upsilon} \times \operatorname{rot} \bar{A}]; \qquad (4)$$

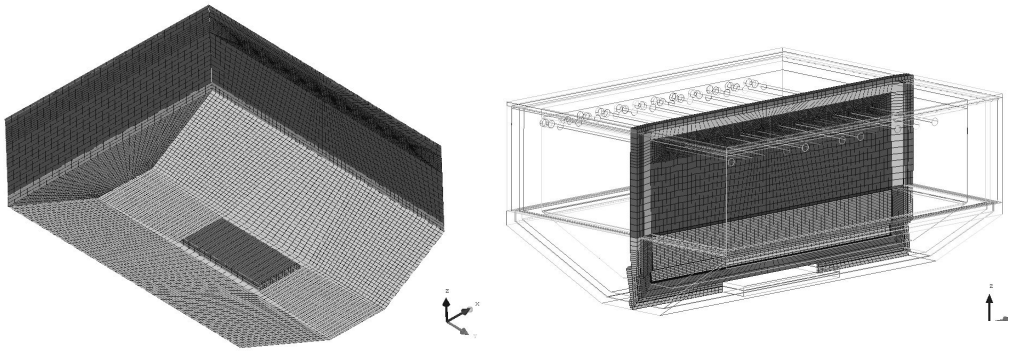
$$\operatorname{div}\left(\gamma\left(-\frac{\partial A}{\partial t} - \nabla\varphi + \left[\bar{\upsilon} \times \operatorname{rot} \bar{A}\right]\right)\right) = 0. \qquad (5)$$

Решение уравнения (4) осуществляется для мгновенных и комплексных величин стандартными процедурами метода конечных элементов минимизации функционала [8; 9].



а *б*

Рис. 3. Сетка конечных элементов (~165 000 элементов, 86 000 узлов), аппроксимирующих область электромагнитной задачи: *а* – каркасное представление всей сетки; *б* – аппроксимация индуктора сеткой



а *б*

Рис. 4. Сетка контрольных объемов (~300000 элементарных объемов), аппроксимирующих термогидродинамическую задачу: *а* – вид на сетку; *б* – сетка в продольном разрезе

Нестационарное термогидродинамическое поле в расчетной области описывается системой уравнений включающей уравнение неразрывности (6), уравнений моментов для турбулентного движения (7)…(9) и уравнением теплового баланса (10) [10]:

$$c\operatorname{div}\left(\mathbf{U}\right) = 0; \qquad (6)$$

$$\rho\frac{\partial\left(U\right)}{\partial t} + \rho\operatorname{div}\left(UU\right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \eta\cdot\operatorname{div}\left(\operatorname{grad}U\right) + ;$$

$$+\left[-\rho\frac{\partial\left(\overline{u'^2}\right)}{\partial x} - \rho\frac{\partial\left(\overline{u'v'}\right)}{\partial y} - \rho\frac{\partial\left(\overline{u'w'}\right)}{\partial z}\right] + F_{Лx} \qquad (7)$$

$$\rho\frac{\partial\left(V\right)}{\partial t} + \rho\operatorname{div}\left(VU\right) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \eta\cdot\operatorname{div}\left(\operatorname{grad}V\right) +$$

$$+\left[-\rho\frac{\partial\left(\overline{u'v'}\right)}{\partial x} - \rho\frac{\partial\left(\overline{v'^2}\right)}{\partial y} - \rho\frac{\partial\left(\overline{u'w'}\right)}{\partial z}\right] + F_{Лy}, \qquad (8)$$

$$\rho\frac{\partial\left(W\right)}{\partial t} + \rho\operatorname{div}\left(W\mathbf{U}\right) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \eta\cdot\operatorname{div}\left(\operatorname{grad}W\right) +$$

$$+\left[-\rho\frac{\partial\left(\overline{u'w'}\right)}{\partial x} - \rho\frac{\partial\left(\overline{u'v'}\right)}{\partial y} - \rho\frac{\partial\left(\overline{w'^2}\right)}{\partial z}\right] + \rho g + F_{Лz}, \qquad (9)$$

$$\rho c\frac{\partial\left(T\right)}{\partial t} + \rho cT\operatorname{div}\left(\mathbf{U}\right) = \lambda\cdot\operatorname{div}\left(\operatorname{grad}T\right) + Q_{Дж} + S_T. \qquad (10)$$

Для замыкания системы уравнений (6)…(10) используется *k*–е модель турбулентности, описываемая уравнениями [10]

$$\rho\frac{\partial\left(k\right)}{\partial t} + \rho\operatorname{div}\left(kU\right) =$$

$$= div\left[\frac{\eta_t}{\sigma_k}\operatorname{grad}k\right] + 2\eta_t E_{ij}\cdot E_{ij} - \rho\varepsilon \qquad (11)$$

$$\rho\frac{\partial\left(\varepsilon\right)}{\partial t} + \rho\operatorname{div}\left(\varepsilon U\right) =$$

$$= \mathrm{div}\left[\frac{\eta_t}{\sigma_\varepsilon}\,\mathrm{grad}\varepsilon\right] + C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}2\eta_t E_{ij}\cdot E_{ij} - C_{2\varepsilon\rho}\frac{\varepsilon^2}{k}\,. \quad (12)$$

Описанная выше математическая модель имеет более 40 варьируемых параметров, сочетание которых позволяет производить расчеты для миксеров любой емкости и размеров, с любым допустимым сочетанием параметров индуктора.

В процессе математического моделирования были получены следующие результаты:

– распределение скоростей в ванне расплава с течением времени при различных частотах питающего напряжения индуктора;

– распределение индукции магнитного поля с течением времени;

– распределение температур в пространстве миксера с течением времени;

– интегральные и дифференциальные характеристики электромагнитного и теплового полей в нестационарном режиме;

– интегральные и дифференциальные характеристики электромагнитного и теплового полей при постановки задачи электродинамики в комплексной форме;

– оптимальные частоты работы МГДП при разных полюсных шагах и немагнитных зазорах;

– сделана оценка влияния тангенциального F_t и нормального F_n усилия, развиваемого ЭМП индуктора в расплаве.

Распределение скоростей в ванне расплава в момент времени ф = 180 с (рис. 5) характерно для установившегося режима скорости при частоте питающего напряжения индуктора f = 0,5 Гц и токе I = 200 А.

Время установления скорости вблизи дна ванны хорошо согласуется с результатами натурных экспериментов (рис. 6, 7).

В результате решения задачи электродинамики в комплексной форме было получено распределение действующих значений величин F_t, F_n, индукции поля B (рис. 8), активной мощности Q (рис. 9), а также распределение температур на поверхности миксера, полученных в результате теплового анализа показано (рис. 10).

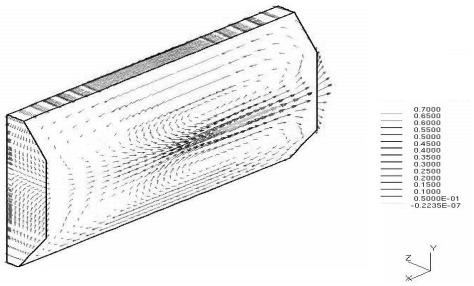


Рис. 5. Скорости в ванне алюминия при установившемся режиме:ф = 180 с, f = 0,5 Гц, I = 200 А

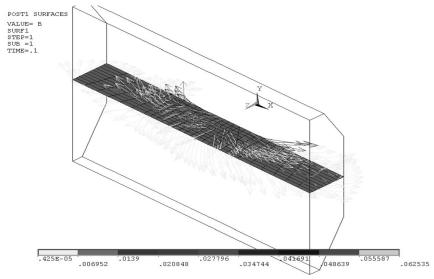
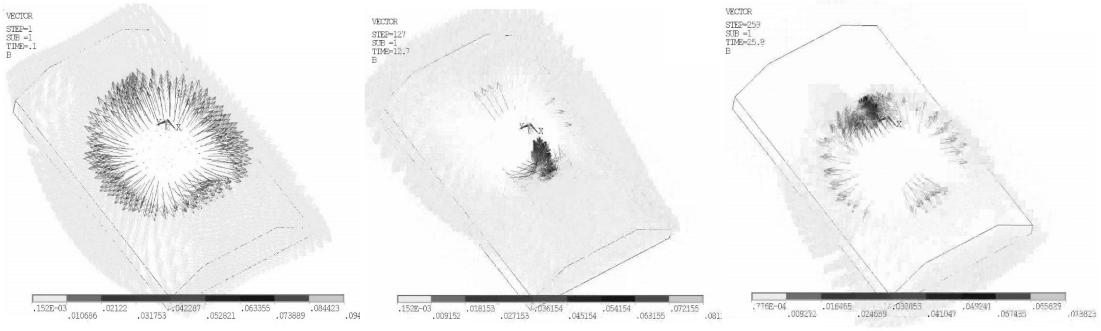


Рис. 6. Распределение электромагнитных сил в сечении ванны: ф = 180 с, f = 0,5 Гц, I = 200 А



а *б* *в*

Рис. 7. Распределение магнитуды индукции магнитного поля в ванне расплава в различные моменты времени

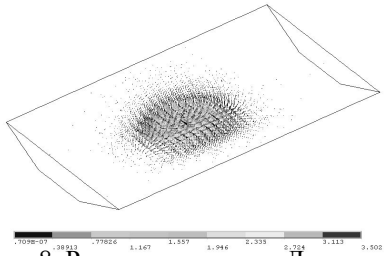


Рис. 8. Распределение сил Лоренца в ванне (f = 0,5 Гц, I = 200 А)

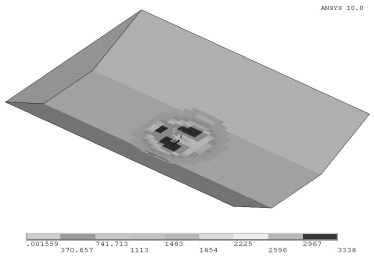
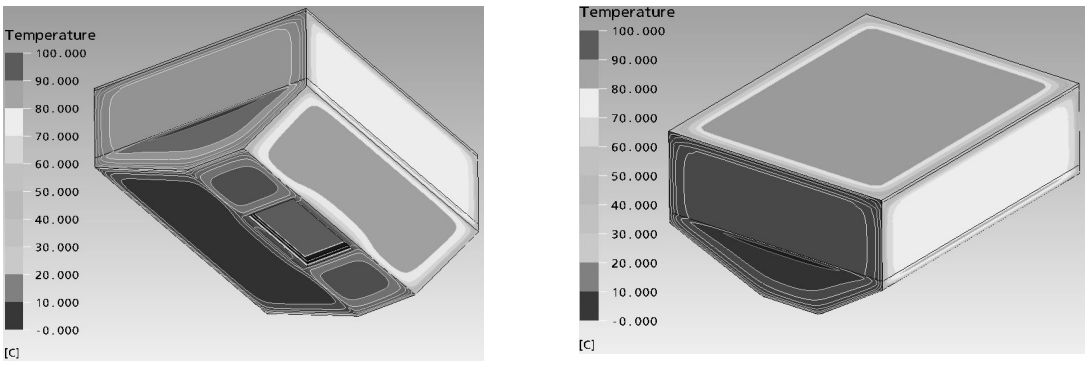


Рис. 9. Распределение удельной активной мощности в ванне (f = 0,5 Гц, I = 200 А)



а *б*

Рис. 10. Распределение температур на поверхности миксера:
а – вид снизу; *б* – вид сверху

Таким образом, в результате анализа расчетных данных электромагнитного, гидродинамического и теплового полей были сделаны выводы об эффективности различных МГДП при варьируемых параметрах источника питания (*f*, *I*). Выбраны оптимальные параметры, обеспечивающие максимальную эффективность МГД-перемешивания при минимальной энергоемкости процесса. В результате корректного учета тепломассообмена в тепловом расчете миксера проведена оценка влияния перемешивания на тепловой баланс системы и определена мощность нагревателей. Кроме оценки вариаций существующих миксеров с МГДП, обоснованы конструкции вновь создаваемых и перспективных миксеров с глубиной расплава до 2 м.

Библиографический список

1. Итоги работы РУСАЛа (По материалам пресс-службы РУСАЛ_УК) // Техн.-экон. вестн. РУСАЛа: Итоги работы дивизионов РУСАЛа // под. ред. В. Ю. Бузунова ; Краснояр. алюмин. з-д. Вып. 14. Красноярск, 2006. С. 5–7.

2. Непрерывное литье алюминиевых сплавов / В. И. Напалков, Г. В. Черепок, С. В. Махов, Ю. М. Черновол. М. : Интернет Инжиниринг, 2005. 512 с.

3. Вольдек, А. И. Индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом / А. И. Вольдек. Л. : Энергия. Ленингр. отд-ние, 1970. 272 с.

4. А. с. 1697577 СССР, МКИ F 27 D 23 / 04. Электромагнитный перемешиватель жидкого металла / В. Н. Тимофеев, Р. М. Христинич, С. А. Бояков, А. А. Темеров и др. (СССР). № 4755856/25 ; заявл. 01.11.89 ; опубл. 08.08.91.

5. Верте, Л. А. МГД-технология в производстве черных металлов / Л. А. Верте. М. : Металлургия, 1990. 120 с.

6. Рафалович, И. М. Теплопередача в расплавах, растворах и футеровке печей и аппаратов / И. М. Рафалович. М. : Энергия, 1977. 304 с.

7. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Л. А. Бессонов. М. : Гардарики, 2001. 317 с.

8. Zienkiewicz, O. C. The finite element method. Vol. 1. The basis / O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor. Woburn : Butterwort-Heinemann, 2000. 712 p.

9. Расчет магнитных полей электрических машин методом конечных элементов / А. Л. Кислицин, А. М. Крицштейн, Н. И. Солнышкин, А. Д. Эрнст. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1980. 200 с.

10. Versteeg, H. K. An Introduction to computational fluid dynamics: The finite volume methods approach / H. K. Versteeg, W. Malalasekera. London : Prentice Hall, 1996. 257 p.

E. A. Pavlov, S. V. Bogovalov, V. N. Timofeev, D. S. Nadtochiy

MAGNETOHYDROBYNAMIC MIXING OF ALUMINUM ALLOYS IN RESISTIVE TILTING FURNACES

It is considered the results of transient and static magnetohydrobynamic mixing of aluminum alloys in the resistive tilting furnace modeling. Mathematical simulation is accomplished on the base of joint Ansys Emag and Ansys CFX programs.

УДК 621.396.96.001(07)

Л. А. Потылицына

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗА МИРА У СЛЕПОГЛУХОНЕМЫХ ЛИЦ

Рассмотрены особенности постижения мира у лиц с сочетанными нарушениями зрения и слуха и сохранным интеллектом. Показано, что при создании обществом определенных условий слепоглухонемые лица способны достичь довольно высокого уровня сознания и самосознания.

Образ мира понимается как «субъективное эмоционально-когнитивное образование, являющееся носителем индивидуального видения (в широком смысле) реальности, а следовательно, и взаимодействия с ней» [1. С. 52]. Образ мира строится субъектом «на основании извлекаемой из среды сенсорной информации и ее последующей когнитивной обработки» [1. С. 52]. Поэтому тяжелые нарушения зрения, слуха, речи, опорно-двигательного аппарата, а также нарушения интеллектуального развития являются дополнительными препятствиями для формирования адекватного образа мира.

Стоит отметить, что «в английском языке существует терминологическое разведение понятий образа как картинки и образа как модели (*image – representati*on)» [1. С. 52]. Постепенно и в русский научный язык вошло понятие *репрезентация*. «Повседневное значение репрезентации состоит в том, что она „презентирует” в акте сознания некий реальный, внешний и все же представленный в мышлении, языке и образе иначе, чем в его реальности и материальности, объект. Репрезентация есть в этом смысле замещение» [2. С. 84]. «Слово „репрезентация“ означает „представленность“, „изображение“, „отображение одного в другом или на другое“, т. е. речь идет о внутренних структурах, формирующихся в процессе жизни человека, в которых представлена сложившаяся у него картина мира, социума и себя. Когнитивные (ментальные) структуры – это не копии образцов, а обобщенно-абстрактные репрезентации схемы, включающие не только возможность получения знаний, но и способ их получения» [3. С. 108].

Одним из аспектов анализа ментальной репрезентации как раз и являются способы кодирования информации, т. е. «субъективные средства, с помощью которых индивид представляет (отображает) в своем опыте окружающий мир и которые он использует в целях организации этого опыта для будущего поведения» [3. С. 108]. Учеными были предложены различные системы способов кодирования информации например действенный, образный и символический способы репрезентации (Дж. Брунер), словесная и образная системы репрезентации (А. Пайвио). Согласно Л. М. Веккеру, «работу мысли обеспечивают три „языка“ переработки информации: знаково-словесный, образно-пространственный и тактильно-кинестетический» [3. С. 108]. Не вызывает сомнений, что для глухих лиц наибольшее значение (особенно при отсутствии специального обучения) будут иметь образно-пространственный и тактильно-кинестетический «языки», для слепых – знаково-словесный и тактильно-кинестетический, а для слепоглухонемых лиц ведущим «языком» будет тактильно-кинестетический.

Доказано, что в сознании индивида образ ситуации тяготеет к завершенности, целостности. Поэтому при недостатке информации, необходимой для понимания того или иного явления окружающего мира начинает действовать принцип заполнения пробелов, т. е. «потребность „достраивать“ перцептивную ситуацию, вводя в нее актуально отсутствующие, но субъективно необходимые элементы в соответствии с собственным пониманием данной ситуации» [1. С. 53]. Так, ребенок, еще очень многого не понимая в устройстве и закономерностях окружающего мира, придумывает свое объяснение тому или иному явлению, той или иной ситуации. Очевидно, что и у людей с недостатками развития намного чаще возникает необходимость заполнения пробелов. И, как нам представляется, при постоянном ограничении доступа информации люди с недостатками развития могут даже оказаться в ситуации «информационного вакуума», когда им просто нечем заполнить пробел в своих представлениях об окружающем мире, так как в их сознании отсутствуют необходимые для этого образы. В первую очередь это касается людей с глубокими нарушениями зрения и слуха.

У слепоглухонемых детей глубокое нарушение двух основных источников информации о мире: зрения и слуха – приводит к крайне ограниченному познанию окружающего мира – только на основе тактильных, обонятельных, вкусовых ощущений, а также внутренних ощущений своего тела. У такого ребенка в ситуации спонтанного развития (в процессе научения путем одного лишь подражания за окружающими, без специ-

ального обучения) практически не формируются средства общения с окружающими людьми. Поэтому возможности усвоения социального опыта, формирования в сознании образа мира таким ребенком в ситуации спонтанного развития крайне ограничены. Окружающими такой ребенок воспринимается как глубоко умственно отсталый.

Единственное, что возможно в ситуации спонтанного развития, как нам представляется, – это формирование определенных навыков каких-либо несложных видов деятельности (например, ребенок может научиться прясть пряжу), однако значение данных видов деятельности не будет понятно ребенку в том смысле, в каком его принято понимать в обществе. Исключение в той или иной степени составляют, пожалуй, лишь виды деятельности, непосредственно связанные с удовлетворением естественных потребностей ребенка.

Практически все авторы, наблюдавшие и описавшие слепоглухонемых детей до начала специального обучения, характеризуют их как «совершенно беспомощных и лишенных способности человеческого поведения и мышления» [4. С. 67].

Приведем описание детей в случае крайней педагогической запущенности при слепоглухонемоте, данное А. В. Ярмоленко: «эти „инертные массы“, „яростные животные“, наблюдаемые со стороны, как бы выключены из жизни отсутствием слуховых и зрительных впечатлений. Неподвижные, безынициативные, они целыми часами не меняют места, а иногда и позы. Они не пользуются осязанием для ориентации в пространстве и для освоения новых объектов. Навыки у них не выработаны – даже процессы еды, раздевания и одевания, удовлетворения простейших физиологических нужд совершаются после внешнего толчка, а без него могут быть отодвинуты во времени до предельного нарастания потребности, после чего следует приступ ярости. У них нет и простейшего стремления к обществу людей, искания их» [4. С. 68].

Согласно наблюдениям И. А. Соколянского, «без специального обучения некоторые слепоглухонемые могут проводить десятки лет в отгороженном углу комнаты, в кровати и т. д., за всю жизнь не научившись ни одному знаку, не научившись ходить, есть и пить по-человечески» [4. С. 68].

По мнению ученых, вся психика педагогически запущенных слепоглухонемых детей «сводится к ощущению простейших органических нужд и к переживанию простого удовольствия от их удовлетворения и неудовольствия. Поведение заменено стереотипной двигательной активностью, позволяющей им тратить энергию» [4. С. 71]. В целом «слепоглухонемота при неблагоприятных внешних условиях, исключая все обычные формы человеческого общения ребенка с другими людьми, обрекает его на одиночество и полуживотное существование» [4. С. 71].

Между тем, «усилиями лингвистов, психологов и философов было показано, что мысль может быть независимой от речи, а сам процесс мышления может быть и несловесным» [5. С. 181]. Что же, по мнению ученых, представляет из себя несловесное мышление? «Для одних исследователей этот субстрат сознания составляет материал образов восприятия и воображения, извлеченных из памяти, другие выделяют предметно-изобразительные коды в виде натурального языка ситуаций, предметов, изображений» [5. С. 181].

Нам представляется, что слепоглухонемой ребенок все же имеет возможность выработки своеобразной мыслительной деятельности и в ситуации спонтанного развития. Вероятно, у него имеются определенные мыслительные процессы, состоящие из совокупности тактильных, обонятельных, вкусовых образов, а также образов, формирующихся на основе внутренних ощущений собственного тела. Кроме того, мыслительная деятельность слепоглухонемого ребенка в ситуации спонтанного развития проявляется, на наш взгляд, и в том, что, установив определенную связь между действиями окружающих людей и удовлетворением своих естественных потребностей, такой ребенок при помощи самобытных жестов пытается взаимодействовать с окружающими, которые, как правило, его не понимают.

Данные предположения подтверждаются следующими наблюдениями ученых: «…в процессе обучения слепоглухонемой ребенок начинает самостоятельно описывать поступки и действия как свои, так и окружающих его людей, припоминая целые ситуации из своей прошлой жизни (особенно если она протекала в благоприятных условиях) [6. С. 84]. Так, «слепоглухонемая девочка после начала усвоения предложений в системе текстов дактильно и жестами начала разговаривать „вслух“, как бы сама с собой. Так как девочка уже была обучена письму на машинке, ее попросили выражать свои мысли в письменной форме. Получилось так, что содержание своих „сочинений“ девочка только изредка черпала из жизни в лаборатории и клинике, чаще всего она описывала эпизоды из своей прошлой жизни (девочка жила раньше в семье, в сельской местности). То есть грамматическому оформлению (грамматическому строю) девочка училась на учебных текстах, а содержанием высказываний являлись впечатления из ее прошлой жизни в де-

ревне» [6. С. 84]. Таким образом, «в голове ребенка системно укладывалось все то, с чем он вступал в контакт еще до усвоения не только словесной речи, но и жестов как системы выражения своих потребностей» [6. С. 84]. Это наблюдение за слепоглухонемой девочкой в свою очередь подтверждает психолингвистическое положение, согласно которому «содержание будущего высказывания конструируется раньше формы его выражения в речи, а оригинальная мысль оповещает о себе до того, как наступает ее первичное словесное оформление»[7. С. 71].

Изучение психики слепоглухонемых лиц имеют немаловажное значение для психологии несловесного мышления. Так, согласно Н. Т. Абрамовой, полученные в ходе исследования речи и интеллекта у слепоглухонемых детей сведения «продвинули мысль Сеченова о первичности предметного мира по отношению к символизации переработанных впечатлений посредством слова. Анализ предметно-практической деятельности таких детей показал, что в начале они усваивают жестовый и лишь затем словесный язык. Установлено также, что наглядно-действенное мышление выступает не только как определенный этап умственного развития человека, но и как самостоятельный вид мыслительной деятельности, совершенствующийся на протяжении всей жизни индивида. В таком взгляде на саму мысль уже наметился рефлексивный поворот. Дальнейшее продвижение в понимании мышления началось вместе с осознанием суверенного характера самой мысли, с пониманием того, что мысль может быть вовсе и не обращена к „другому“; что в представлении о мысли может содержаться и момент непоследовательности. Возможность смысловых „провалов“ заставила более пристально присмотреться к тому, следует ли считать безоговорочным тезис о чисто логической природе мысли. Ведь очень часто мысль бывает эмоционально насыщенной, алогичной» [7. С. 71].

Известно, что уже Д. Дидро и некоторые другие мыслители прошлого признавали теоретическую возможность обучения слепоглухонемого, но практически эту возможность осуществить долго никто не пытался [4. С. 27].

Большинство специалистов – врачей и педагогов конца XVIII в. – начала XIX в., имевших дело со слепоглухими детьми, считали, что такие дети в силу своего дефекта не способны к развитию и обречены на полную изоляцию. Первое успешное обучение слепоглухонемой девочки Лоры Бриджмент было осуществлено только в конце в 30-х – начале 40-х гг. XIX в. в США под руководством врача и педагога С. Г. Хоува [4].

Вместе с тем, за рубежом и после первых удачных попыток обучения слепоглухонемых «довольно продолжительное время существовало мнение о невозможности развития слепоглухонемых до уровня нормального человека. Успехи обучения тех или других слепоглухонемых объявлялись особыми, выдающимися случаями, объясняемыми сверхгениальностью учеников» [4. С. 28].

В настоящее время наукой уже доказано, что, имея сохранную кору головного мозга, слепоглухонемой ребенок обладает значительными потенциальными возможностями умственного развития. И в ситуации специального обучения у него имеется реальная возможность сформировать на достаточно высоком уровне представления об окружающем мире, высшие духовные потребности, интересы, ценности, ценностные ориентации, цели. Для слепоглухонемого доступно позиционирование себя как самостоятельной личности, способной к дальнейшему самосовершенствованию на основе своей внутренней активности. Особенно велики эти возможности у детей и подростков с поздней слепоглухотой, избежавших влияния сенсорной «депривации» в раннем возрасте и сохранивших речь (впрочем, произносительную сторону речи у таких детей можно сформировать и в случае врожденной или рано приобретенной слепоглухоты).

На основе преодоления трудностей приема и переработки информации об окружающем мире, определенной поддержки со стороны окружающих (все-таки слепоглухонемому человеку необходима помощь в решении ряда бытовых проблем, а также необходим сопровождающий при передвижении в малознакомой и, тем более, незнакомой местности) такой человек может достичь относительно неплохого уровня социальной адаптации. Известны даже случаи достижения слепоглухими людьми довольно высокого уровня развития.

Впечатляют успехи, достигнутые слепоглухонемой американкой Еленой Келлер (1880–1968), потерявшей слух и зрение в возрасте одного года семи месяцев. В 1899 г. Келлер становится студенткой Гарвардского университета. Помимо родного английского она научилась бегло говорить на французском и немецком, знала греческий и латынь, изучала классическую литературу и философию, занималась спортом (езда верхом, плавание). В 1904 г. Елена с отличием закончила Гарвардский университет. После получения диплома жизнь Е. Келлер была направлена на то, чтобы привлечь внимание общественности к проблемам лиц с физическими недостатками. Она

писала книги, выступала с лекциями, появлялась на благотворительных мероприятиях. С 1902 по 1950 гг. Еленой Келлер было написано более 10 книг и множество статей. Содержание книг, как правило, носило мемуарный и философский характер» [8. С. 63–64]. С одной стороны, достижения Е. Келлер обусловлены удачными педагогическими находками ее учительницы Анны Сулливан. Вместе с тем, очевидно, что Е. Келлер с рождения обладала уникальными потенциальными способностями к познанию мира. Но еще не известно, достигла бы она такого высокого уровня развития своих потенциальных возможностей, если бы у нее не было необходимости преодолевать огромное количество трудностей на пути к познанию мира?

В нашей стране большую известность получила слепоглухая поэтесса, писательница, исследователь О. И. Скороходова (1911–1982). Слух и зрение она потеряла после менингита в 1919 г. Таким образом, первые восемь лет девочка развивалась на основе полноценной работы всех анализаторов. Поэтому на протяжении всей последующей жизни «в темноте и тишине» в сознании О. И. Скороходовой сохранялись зрительные и слуховые образы, что во многом помогало ей усваивать и перерабатывать информацию об окружающем мире, делало ее «образ мира» более полным и соответствующим действительности. По мнению О. И. Скороходовой, «спасение слепого, глухонемого и особенно слепоглухонемого – в чтении…» [9. С. 26].

Обучение советскими специалистами практически любого слепоглухонемого ребенка с сохранным интеллектом стало возможным благодаря методике И. А. Соколянского (учителя О. И. Скороходовой), согласно которой путь очеловечивания такого ребенка осуществляется не от языка и сознания, а от построения реальных человеческих отношений к действительности и возникающего на этой основе общения к овладению человеческим языком и к человеческому сознанию [4]. В основе методики лежало понимание того, что человеческая психика и поведение не врожденны и не развиваются спонтанно, а возникают в общении с другим человеком [4]. И. А. Соколянский также указывал на то, что «ошибка большинства тифлосурдопедагогов прошлого заключалась в том, что они начинали обучение своих воспитанников с попыток формирования речи. Они исходили из того положения, что основным отличием человека от животного является „дар речи“, и пытались сформировать эту речь в устной, письменной или дактильной форме. Однако эта „речь“, не опираясь на систему непосредственного (образного) отражения окружающего мира, повисала в воздухе и не могла служить основой психического развития ребенка» [5. С. 72], в то время как именно «предметное поведение», т. е. «обращение с предметами согласно их логике» и «составляет сущность человеческого поведения» [5. С. 72]. «Овладевая вещью, т. е. обучаясь посредством ее удовлетворять свои потребности, ребенок усваивает (и присваивает) общественное значение, превращая его в свой личностный смысл» [4. С. 300]. Необходимость овладения орудием деятельности порождает потребность в познавательной деятельности, так как «для того, чтобы правильно использовать орудие, ребенок должен его знать» [4. С. 303]. Появление познавательной потребности у слепоглухонемого ребенка является важным условием дальнейшего постижения им мира.

В то же время нельзя забывать, что образ мира у включенного в общественные отношения и имеющего развитое словесно-логическим мышление слепоглухонемого человека всегда будет сильно отличаться от образа мира людей без нарушений развития и людей с другими недостатками развития. В сознании слепоглухонемых лиц отсутствуют зрительные и слуховые образы. Весь образ мира у слепоглухонемого человека строится на основе тактильно-кинестетических, обонятельных, вкусовых ощущений. Предположим, что слепоглухонемой человек когда-то плавал в море, а потом, читая книгу, встретил в тексте слово *море*. В его сознании не возникнет зрительного образа моря: берега, воды определенного цвета, волн, горизонта, не возникнет и слуховых образов, связанных с морем: шума волн, криков чаек и т. д. Для него морем будет воспоминание об ощущениях от хождения по песку (или камням), от нахождения тела в воде, об определенном запахе морского воздуха и соленом вкусе морской воды, об ощущениях от попадания капель воды на лицо и т. д.

Наше представление об образе мира слепоглухонемого человека подтверждается и высказыванием О. И. Скороходовой о сложности для слепоглухонемых «разговаривать на языке зрячеслышащих»: «…одно дело – ощутить, воспринять, „осмотреть“ руками предмет, это не так сложно. Гораздо труднее описать этот предмет своими словами совершенно так, как я его воспринимаю, то есть дать образ этого предмета. Когда слепые и глухонемые описывают свои ощущения, восприятия, представления языком зрячих, то надо всегда помнить, что ощущают они иными органами чувств, хотя описывают их словами зрячих и слышащих» [9. С. 25].

Таким образом, до начала специального обучения слепоглухонемые лица имеют очень мало возможностей для построения в сознании адекватного образа мира, так как они лишены двух важнейших источников информации о мире – зрения и слуха. В то же время при создании условий для восприятия и переработки информации о мире посредством сохранных анализаторов, в сознании слепоглухонемого человека может быть сформирован образ мира, в той или иной степени приближенный к реальности. В целом же сознание «очеловеченного» слепоглухонемого ребенка практически полностью является результатом целенаправленного воздействия на него со стороны социума. Можно сказать, что между уровнем развития слепоглухонемого ребенка с сохранным интеллектом в ситуации спонтанного развития и его потенциальным уровнем личностного развития, которого он может достичь в процессе специального обучения, лежит неизмеримо бульшая пропасть, чем при любом другом виде нарушенного развития и тем более при развитии в норме.

Библиографический список

1. Баксанский, О. Е. Современный когнитивный подход к категории «образ мира» / О. Е. Баксанский, Е. Н. Кучер // Вопр. философии. 2002. № 8. С. 52–69.

2. Зандкюлер, Х. Й. Репрезентация, или Как реальность может быть понята философски / Х. Й. Зандкюлер // Вопр. философии. 2002. № 9. С. 81–89.

3. Панюков, А. И. Образ пространственно-предметной среды как компонент образа мира / А. И. Панюков, Ю. Г. Панюкова // Теория и история. 2003. № 3. С. 106–114.

4. Мещеряков, А. И. Слепоглухонемые дети. Развитие психики в процессе формирования поведения / А. И. Мещеряков. М. : Педагогика, 1974. 328 с.

5. Герасимова, И. А. О книге Абрамовой Н. Т. «Несловесное мышление» / И. А. Герасимова // Вопр. философии. 2004. № 7. С. 180–182.

6. Соколянский, И. А. Обучение слепоглухонемых детей / И. А. Соколовский // Дефектология. 1989. № 2. С. 75–84.

7. Абрамова, Н. Т. Являются ли несловесные акты мышлением? / Н. Т. Абрамова // Вопр. философии. 2001. № 6. С. 68–82.

8. Шапошникова, Н. Д. Жизнь и подвиг Елены Келлер / Н. Д. Шапошникова // Дефектология. 2000. № 5. С. 61–65.

9. Скороходова, О. И. Как я воспринимаю, представляю и понимаю окружающий мир / О. И. Скороходова. М. : Педагогика, 1990. 416 с.

L. A. Potylitsina

THE PECULIARITIES OF THE WORLD OUTLOOK FORMING OF BLIND-AND-DEAF PEOPLE

It is covered the peculiarities of the world understanding of blind-and-deaf people. It is shown the possibility of the achievement rather elevated level of consciousness and self-consciousness in situation of the special conditions creating for blind-and-deaf people.

УДК 332.1:001.76

З. Г. Сангадиев, Л. А. Аюшеева

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Знание количественных и качественных характеристик инновационного потенциала региона позволяет получить инструменты управления важнейшим ресурсом для достижения инновационных целей регионального управления в современных условиях. Выводы данной статьи говорят о существующей актуальности проведения дальнейших работ по этой теме.

Формирование инновационного потенциала региона и создание конкретных механизмов реализации инновационной деятельности позволят создать условия не только для ускорения экономического развития, но и для целенаправленного управления процессом коммерческого использования достижений науки и техники. Потенциал науки и инноваций как составляющая часть социально-экономического потенциала является решающим фактором долговременного и устойчивого роста региона, поэтому необходим постоянный анализ и оценка его показателей. Это позволяет отслеживать и оценивать в динамике процессы количественных, качественных, структурных изменений, улавливать как прогрессивные, так и застойные тенденции, резервы и ресурсы для принятия соответствующих управленческих решений.

Анализ современной экономической литературы показал, что нет четкого определения инновационного потенциала региона. Как правило, исследуется одна из сторон этого сложного экономического объекта, например кадровая или организационная составляющие. Поскольку под инновационным потенциалом понимается «совокупность различных видов ресурсов, включающая материально-производственные, финансовые, интеллектуальные, научно-технические и иные ресурсы, необходимые для реализации инновационной деятельности» [5], то, на наш взгляд, понятие инновационного потенциала региона можно определить как способность всех структур региона к осуществлению инновационной деятельности с учетом его ресурсных возможностей, а также изменений и тенденций, происходящих во внешней среде. При этом наличие общенационального и уровневого (регионального) инновационного потенциала автоматически не приводит к позитивным изменениям в экономике. В регионах, по-прежнему, наблюдается невостребованность результатов научных исследований (сроки освоения составляют 10 и более лет), неготовность и неспособность эффективного использования интеллектуального потенциала, а также недостаточная заинтересованность самой науки в разработке и реализации научной продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. По мнению И. Бойко, Р. К. Ивановой, Л. Гохберга [1] одной из причин данного явления заключается в том, что существующая структура научных исследований и разработок не отвечает современным требованиям. Ей присущи недостатки плановой экономики: чрезмерное разнообразие объектов исследования, доминирующее государственное финансирование, незаинтересованность в оптимальной реализации результата. Более того, в современных условиях технологические инновации не являются средством решения социально-экономических проблем на любом уровне, в том числе региональном.

Несовершенство оценки научно-технической продукции (научно-технического уровня, новизны, стоимости объекта интеллектуальной собственности и др.) также является фактором, воздействующим на степень использования инновационного потенциала, и предопределяет необходимость оценки. При этом в экономической литературе отсутствуют завершенные методики оценки инновационного потенциала региона, а существующие расчеты носят условный характер. Использование предложенных расчетов в комплексном анализе инновационного потенциала региона не представляется возможным по целому ряду причин: их несовершенство, которое выражается в том, что, оценивается лишь одна структурная составляющая инновационного потенциала, излишняя усложненность, отсутствие необходимой информации для расчетов. Таким образом, назрела необходимость оценки инновационного потенциала региона как на стадии его формирования, так и на стадии функционирования.

Инновационный потенциал региона должен быть адекватно оценен в силу его фундаментального значения при обеспечении экономического развития. Стремительное развитие науки, технологии качественно отражается на процессах создания, преобразования и использования научной продукции. Большое значение приобретает международная интеграция в инновационной сфере. Кроме того, возникает необходимость сглаживания негативных отклонений в формировании инновационного потенциала региона, своевременного выявления наметившихся признаков застоя в той или иной компоненте, в определении оптимальных сочетаний научных направлений, а также в поддержке традиционных и новых направлений.

Наибольший научный интерес и значимость представляет нахождение оптимального сочетания приоритетов научных исследований и разработок в области фундаментальных и прикладных наук, направленных на решение стратегических и тактических задач региона.

На стадии функционирования инновационного потенциала региона за счет полноценного использования его составляющих компонентов и повышения его эффективности в целом весьма целесообразно выявить возможности ускоренного социально-экономического развития региона, а также решить такие проблемы, как оплата стоимости НИОКР, труда научных и инженерно-технических работников в соответствии с их научно-техническим вкладом.

Отсутствие оценочного аппарата инновационного потенциала региона в определенной степени затрудняет процесс реализации намечаемых и необходимых региональных научно-технических возможностей.

Сложность, многоэтапность и многофункциональность инновационного процесса, осуществляемого в регионе, вызывают необходимость управления им не только на региональном уровне, но и страны в целом, особенно при выходе отечественных предприятий на мировой рынок. Процесс управления инновационным потенциалом региона представляет собой сочетание различных функций (маркетинг, планирование, организация, контроль), каждая из которых направлена на решение специфических и разнообразных задач взаимодействия между отдельными подразделениями науки и научного обслуживания, требующих осуществления большого спектра конкретных мероприятий (финансового обеспечения, налогообложения и т. п.).

При оценке функционирования инновационного потенциала региона необходимо создать благоприятные региональные условия для эффективного использования имеющихся ресурсов региона; такая оценка позволит реализовать меры, непосредственно инициирующие и регулирующие инновационные процессы в регионе, поскольку будут выявлены резервы и, вместе с тем, слабые стороны в исследованиях и разработках.

Оценка инновационного потенциала региона может стать отправной точкой его структуризации по направлениям и видам исследований, отбором приоритетных направлений, оказывающих существенное влияние на развитие экономики региона. В таком случае регион может выступать гарантом сохранения отечественной научной школы.

Традиционно сложились несколько подходов к оценке потенциала (экономических возможностей) региона. В настоящее время наиболее разработанным подходом к оценке экономических возможностей регионов является построение их рейтингов на основе процедур интегрирования индикаторов социально-экономического развития. При достаточно простой процедуре исчисления и значительной информативности рейтинговые (сравнительные) оценки не обладают высокой степенью достоверности, так как при их получении, во-первых, используется набор индикаторов, ограниченных кругом доступной исследователю информации, и, во-вторых, значимость того или иного индикатора определяется субъективно. При соответствующем уровне организации исследования влияние на результат перечисленных недостатков можно нивелировать, однако применяемая процедура не позволяет осуществлять независимую оценку экономического потенциала отдельных территорий, так как рейтинг зависит от выбранной совокупности регионов. Если в формализованных процедурах распределения трансфертных средств рейтинговые оценки достаточны, то при разработке региональной политики, обосновании рационального использования экономического потенциала региона они не могут быть использованы. Следовательно, рост рейтинга территорий в произвольной совокупности регионов не означает повышения степени рационального использования ее экономических возможностей [4].

Нормативный подход к оценке экономических возможностей региона также имеет свои преимущества и недостатки. Он позволяет с помощью комплекса показателей и шкалы измерения этих показателей проследить за развитием потенциала. Нормативный подход обладает высоким качеством при наличии эффективной нормативной базы (например, при определении финансового состояния и устойчивости предприятия). Однако затраты на создание подобных информационных баз значительны, что снижает применение данного подхода. Кроме того, его использование ограничено рамками только конкретной территории или субъекта, что не дает достоверной информации о развитии региона относительно других. Ранжирование регионов России по нескольким критериям могут привести к тому, что все регионы будут охарактеризованы только одной компонентой в соответствующем векторе, что, как известно, бессмысленно, с точки зрения принятия конкретных решений по каждому региону.

Интегральная оценка потенциала любого субъекта при существенно меньшем объеме информации, необходимом для их исчисления, позволяет оценить эффективность использования экономических ресурсов, измерить фактическую величину экономического потенциала региона, провести сравнительную оценку экономических возможностей различных территорий. Трудности использования данного подхода сопряжены с тем, что крайне сложно определить интегральный показатель, отражающий результат функционирова-

ния региона (даже в одной области или сфере деятельности) и являющийся формализованным выражением цели развития региона.

Кроме того, сама интегральная оценка потенциала носит двойственный характер, поскольку любой регион, с одной стороны, обладает определенными возможностями в получении каких-то результатов в своей деятельности, с другой стороны, эффективно используя свои потенциальные возможности, он и приобретает определенные результаты деятельности, то есть результаты деятельности выступают реализацией потенциальных возможностей региона. Имея одни и те же потенциальные возможности, регионы получают различные результаты в своей деятельности, поэтому возникает вопрос: какие показатели наиболее полно характеризуют потенциал: отражающие его потенциальные возможности или отражающие результаты его деятельности. По нашему мнению, для оценки инновационного потенциала региона необходим комплексный подход. Различные подходы к оценке экономических возможностей региона должны рассматриваться не как исключающие друг друга, а как взаимодополняющие.

При оценке потенциала региона традиционно используется инвестиционный потенциал – характеристика количественная, учитывающая основные макроэкономические показатели, насыщенность территории факторами производства (природными ресурсами, рабочей силой, основными фондами, инфраструктурой и т. д.), потребительский спрос населения и многое другое. В зависимости от разноплановых факторов, специалистами были рассчитаны расширенные индексы инвестиционной привлекательности регионов России. При этом 20 первых регионов по инновационной активности предприятий весьма тесно коррелируют с рейтингом инвестиционной привлекательности.

Ключевой проблемой оценки инновационного потенциала региона являются трудности измерения каждой его составляющей. Например, Г. И. Сидунова считает необходимым развитие уровня регионального инновационного потенциала и приводит схему инновационного потенциала региона, состоящего из внешнего (интеграционное взаимодействие с другими регионами, социально-экономическая конкурентоспособность региона, выход на мировой рынок) и внутреннего (финансово-кредитная система региона, хозяйствующая структура региона, научно-исследовательская база, система формирования и развития кадрового потенциала региона) составляющих и инновационной культуры. При этом под инновационной культурой региона она понимает совокупность норм, ценностей, правил, достижений и законодательных актов, принятых и поддерживаемых властными, хозяйствующими и предпринимательскими структурами в области отношений в сфере инновационной деятельности в регионе [6].

Количество и влияние определенных сочетаний или отдельных факторов и структур, обуславливающих инновационную деятельность региона, обладают большой поливариантностью и высокой степенью неопределенности по отношению к общему уровню развития и особенностям размещения производства и инфраструктурных отраслей хозяйства экономики конкретного региона. Факторы могут влиять как положительно, так и отрицательно на развитие инноваций. Так, в качестве основных количественных параметров инновационного потенциала отечественная наука и практика рассматривает трудовые ресурсы и величину денежных средств, затраченных на осуществление инновационной деятельности. Это расширяет изучение динамики количественного изменения обоих названых показателей, поскольку их количественное увеличение должно, с точки зрения многих предшествующих исследователей, свидетельствовать о приросте инновационного потенциала страны. Принимать показатели численности специалистов, занятых инновационной деятельностью, в качестве существенного показателя инновационного потенциала не вполне правомерно, так как число работающих не обязательно свидетельствует о величине данного показателя. Однако кадровая составляющая инновационного потенциала уже может свидетельствовать об ориентированности отраслей в производственной сфере на изготовление новых видов техники, продукции и разработку новых технологий. Расходы на науку также не свидетельствуют в полной мере о большом инновационном потенциале, можно затрачивать на нововведения большие средства, а взамен получать мало результатов. Как отмечает Г. И. Жиц, «дискуссии о большей или меньшей значимости материально-технического, научно-технического, кадрового обеспечения инновационной деятельности не имеют никакого смысла, поскольку только при наличии всех названных элементов можно говорить об инновационном потенциале системы в целом» [2].

О сложности измерения величины инновационного потенциала региона также свидетельствует необходимость оценки состояния инновационной среды, которая включает в себя информационную, правовую, финансово-кредитную системы. В региональном аспекте на инновационную среду, кроме общих тенденций общественного развития, значительное влияние оказывают уровень образования, культура, традиции, поддержка органов управления субъектов федерации и органов местного самоуправления, результаты которых не всегда можно количественно измерить. Исследование данной инфраструктуры не менее

важно, чем измерение других потенциалов для региона. Кроме того, необходимо отметить невозможность количественного и однозначного определения результатов применения «произведенной» инновационной продукции, как в народном хозяйстве, так и в социальной сфере.

Инновационный потенциал тесно связан с научно-техническим потенциалом и опирается на него. Для анализа научно-технического потенциала используются различные типы оценок, среди которых можно выделить: учетно-отчетные и целевые (проблемно-ориентированные). Первые, традиционные, в основном количественные оценки научно-технического потенциала, формулируемые на основе государственных и ведомственных форм статистического отчета, их главное назначение – служить средством описания структуры и величины научно-технического потенциала. Вторые определяют соответствие (релевантность) комплекса специально выделенных свойств научно-технического потенциала условиям достижения конкретной цели или решения определенной научно-технической задачи. По своей сути целевые методы оценки научно-технического потенциала отличаются от учетно-отчетных оценок тем, что представляют собой оценку потенциала, ориентированного на достижение определенных целей научно-технического развития. Для оценки потенциального успеха научного коллектива в реализации конкретных программ или проектов могут быть использованы следующие его проблемно-ориентированные характеристики:

– наличие научного лидера;

– наличие специалистов соответствующего профиля;

– освоенные специальные методы исследований;

– задел ранее полученных результатов, непосредственно требующихся для выполнения задания;

– наличие опытно-экспериментальных установок и доступа к соответствующей технической базе;

– уровень развития сети партнерских связей, которые могут быть использованы данным подразделением при выполнении задания;

– непосредственные связи данного подразделения с потенциальными пользователями ожидаемого результата или заказчиком на программу или проект.

Анализ состояния научно-технического потенциала в ряде регионов России показывает отсутствие статистических данных по отдельным показателям, и получение новой информации требует проведения специальных экспертных обследований. Анкета эксперта по оценке состояния научно-технического потенциала должна содержать вопросы, касающиеся не только структуры, состояния и возможностей науки в регионе, но и существующих научно-технических проблем и возможных путей их решения.

Инновационный потенциал необходимо определить, как было отмечено выше, и на уровне формирования, и на уровне функционирования. Данный подход позволит установить основные результаты, полученные за счет функционирования и использования инновационного потенциала, а также фиксировать вклад инновационной деятельности в развитие экономики.

В своей работе С. А. Суспицын [7] предлагает простую схему оценки основных региональных факторов производства с использованием трехуровневой шкалы (от 1 до 3), в которую входят:

– структура экономики по отношению к инновациям – регрессивная, нейтральная, прогрессивная;

– кадровый состав работников – не расположен (не способен) к освоению нововведений, безразличен, расположен;

– капитал – склонен к внедрению инноваций, нейтрален, отрицает их (не способен к нововведениям);

– собственная инновационная база – отсутствует, малозначимая, масштабная;

– привлекательность региона для внешних инноваций – высокая, средняя, низкая;

– склонность к инновациям – на уровне хайтек, эффективных технологий, частных новшеств.

Сводная оценка инновационного потенциала региона определяется суммой балльных оценок отдельных факторов. Больший суммарный рейтинг соответствует склонности региона к производству и использованию наукоемкой продукции. С. А. Суспицын также отмечает, что дать обоснованные оценки по региону даже с применением простейших трехуровневых шкал затруднительно и предлагает осуществить оценку инновационного потенциала региона в разрезе его отдельных отраслей с последующим их усреднением по региону в целом. Проблема измерения потенциалов, в том числе интеллектуальных, профессиональных, образовательных, инновационных является достаточно сложной, и практически всегда для перевода качественной информации в количественные оценки используется экспертный подход и индексное моделирование.

Для оценки инновационного потенциала региона целесообразно построить систему показателей (индикаторов) в соответствии с элементами потенциала. В первую очередь необходимо выявить составляющие инновационного потенциала региона, а затем создать статистическую базу данных по этим составляющим. Существующий статистический инструментарий не позволяет точно предсказывать и оценивать инновационное

состояние российской экономики и вырабатывать соответствующие меры инновационной политики. Многие показатели, характеризующие инновационный потенциал региона, в официальной статистике России либо не существуют, либо они имеются в составе выборочных обследований, проводимых Федеральной службой государственной статистики, либо Центром исследований и статистики науки.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что в настоящее время отсутствует методика, позволяющая комплексно оценить инновационный потенциал региона. Это связано, на наш взгляд, со следующими проблемами:

– сложностью в определении инновационного потенциала, что существенно усложняет проведение его оценки. Для практической деятельности необходима теория и рекомендации, позволяющие идентифицировать инновационный потенциал при подготовке и принятии инновационных решений;

– выявлением и измерением основных составляющих компонентов инновационного потенциала региона. Отсутствие статистических данных не позволяет в полной мере оценить потенциал региона, необходимы дополнительные исследования: анкетирование, опрос, интервьюирование и т. п.;

– комплексным подходом к использованию и оценке инновационного потенциала. При решении проблемы оценки инновационного потенциала не рассматриваются показатели эффективности его функционирования и использования;

– наличием большого количества факторов и процессов, влияющих на результаты использования инновационного потенциала региона. Происходящие процессы обладают поливариантностью и высокой степенью неопределенности, что приводит к сложности их измерения.

Разработка и широкое распространение различных подходов и методик к оценке инновационного потенциала региона позволит существенно повысить эффективность вложения в новые технологии, понять, какие мероприятия и в какой степени являются инновационными, какие можно назвать высокотехнологичными, а какие – инновационными.

Библиографический список

1. Гохберг, Л. Научный потенциал России в зеркале статистики / Л. Гохберг // Вопросы статистики. 1998. № 11. С. 22–31.

2. Жиц, Г. И. Инновационный потенциал высшей школы: параметры / Г. И. Жиц ; М-во образования РФ, Сарат. гос. техн. ун-т. Саратов, 2001. 176 с.

3. Инновационное развитие – основа ускоренного роста экономики Российской Федерации // Общество и экономика. 2006. № 4. С. 3–39.

4. Костерова, Р. Я. Оценки уровня рационального использования экономического потенциала региона / Р. Я. Костерова, Н. Г. Берченко // Регион: экономика и социология. 2005. № 1. С. 192–197.

5. Основы инновационного менеджмента: Теория и практика : учеб. пособие / под ред. П. Н. Завлина. М. : Изд-во «Экономика», 2000. 475 с.

6. Сидунова, Г. И. Инновационная политика региона как объект управления / Г. И. Сидунова // Инновации. 2003. № 9 (66). С. 20–23.

7. Суспицын, С. А. Пространственные трансформации экономики России в контрастных сценариях ее развития: постановка проблемы и эмпирические оценки / С. А. Суспицын // Регион: экономики и социология. 2006. № 1. С. 51–71.

Z. G. Sangadiev, L. A. Ayusheeva

ESTIMATION OF INNOVATIVE POTENTIAL OF THE REGION

Knowledge about quantitative and qualitative characteristics of innovative potential of the region enables to possess the tools for the important resource managing in order to achievement the innovative objects of the region managing in the contemporary circumstances. Conclusions of this work tell about essentials urgency of further investigations on this theme.

УДК 338

З. Г. Сангадиев, С. Н. Скотников, А. Ю. Жирнов

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА В СПЕЦИАЛИСТАХ

На основании анализа рынка труда в Красноярском крае предложена методика прогнозирования потребности в специалистах отраслей региональной экономики, которая базируется на методике математического моделирования спроса и составлена для конкретного субъекта федерации.

Структурная перестройка в экономике Красноярского края повлекла за собой изменения в характере спроса на рабочую силу, ее профессионально-квалификационном составе, предопределив необходимость трансформации объемов и профилей подготовки специалистов в системе профессионального образования. В связи с этим особую актуальность для экономики Красноярского края приобрела проблема достижения сбалансированности между количеством и качеством рабочей силы и возможностями ее трудоустройства. От ее решения зависит не только эффективность структурной перестройки и модернизации, но и перспективы развития экономики. В рамках данной проблемы одной из сложнейших задач, связанных со структурными переменами, является согласование потребности рынка труда региона в рабочей силе (определенного уровня квалификации, обладающей нужными работодателю профессиями и специальностями) с возможностью ее подготовки в учреждениях системы профессионального образования.

Территория Красноярского края вместе с автономными округами составляет 13,7 % территории РФ и включает 73 административно-территориальных единицы – городов и районов. Численность населения края по состоянию на 1 января 2004 г. – 2 941,3 тыс. человек (2,1 % от численности населения России).

Красноярский край обладает высокоразвитым экономическим потенциалом, величина которого на протяжении последних 5 лет имеет устойчивую тенденцию к росту, о чем свидетельствует стабильный рост валового регионального продукта (ВРП). На территории края функционирует большое количество предприятий различных форм собственности и сфер деятельности.

В большей степени потенциал Красноярского края определяется отраслями промышленного сектора экономики, объем производства которого на 1 января 2003 г. составил 193,3 млрд рублей, при среднегодовой численности персонала – 312,2 тыс. человек (28, 8 % от среднегодовой численности занятых в экономике). Существенен вклад в промышленное производство региона таких отраслей, как электроэнергетика (9,4 %), машиностроение и металлообработка (5,9 %), топливная промышленность (3,2 %), лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность (3,7 %), пищевая промышленность (4,5 %) и другие.

Изменения, происходящие в крае, отразились на показателях его социально-экономического развития и, в первую очередь, на показателях занятости населения. В последние годы в крае наблюдается рост числа экономически активного населения, численность которого по состоянию на 1 января 2003 г. составила 1562, 8 тыс. человек. Одновременно с этим на 3,7 %, увеличилось численность занятых в экономике. По данным Красноярского краевого комитета государственной статистики общая численность безработного населения только в первом полугодии 2004 г., по сравнению с 2003 г., увеличилась на 4,3 % и составила в июне 2004 г. 177,8 тыс. человек. Уровень общей безработицы, рассчитанный к численности экономически активного населения, вырос с 11,1 до 11,6 %. По уровню регистрируемой безработицы среди 16 регионов Сибирского федерального округа Красноярский край занял 9 место, превысив на 0,6 процентных пункта средний показатель по округу. На конец июня 2004 г. численность официально зарегистрированных безработных граждан составила 49,7 тыс. человек. По числу безработных граждан Красноярский край занимает первое место среди регионов Сибирского федерального округа. Следует отметить, что размеры безработицы неодинаковы по территориям, входящим в состав края. Так, в 41 территории края уровень безработицы превысил среднекраевой показатель (2,79 %), в 24 территориях – составил более 5 %. Анализ отклонений между числом принятых и выбывших работников по отраслям экономики указывает на ряд фактов: на протяжении двух последних лет экономика края испытывала постоянный недостаток в рабочей силе, причем между отраслями этот процесс неоднороден; наибольшая потребность в кадрах в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, торговле и общественном питании; за период последних двух лет в крае возник неудовлетворенный спрос на рабочую силу в таких отраслях экономики, как жилищно-коммунальное ходатайство (ЖКХ), лесное хозяйство, транспорт и связь; на протяжении последних четырех лет, в крае происходит снижение уровня активности населения в трудоспособном возрасте, который в большей степени обеспечивался за счет существенной доли занятого населения в возрасте от 30–50 лет. При этом доля данной группы в общей численности занятого населения в крае снижается.

По данным Краевого государственного комитета статистики на 1 января 2000 г. доля этой группы в общей численности занятого населения составила 55,8 %, тогда как этот показатель за период с 1996–1998 гг. составлял 62,1 %. Средний возраст занятого в экономике края населения попрежнему составляет 39 лет. Наибольшую группу занятого населения образуют лица в возрасте от 40–49 лет (30,6 % в 2003 г.).

Основными причинами роста официально регистрируемой безработицы в крае следует считать сложное финансово-экономическое положение большинства крупных и средних предприятий промышленного сектора экономики; банкротство и ликвидацию ряда крупных предприятий; происходящие структурные изменения в экономике региона; снижение объемов производства стратегически важных для региона отраслей и др. (рис. 1).

Разрабатываемая методика по расчету потребностей региональной экономики в специалистах основана на проведении статистически значимых опросов потребностей работодателей в специалистах с профессиональным образованием в рамках отдельных предприятий на территории региона, выявлении тенденции развития экономики края региональных особенностей развития рынка образовательных услуг края. Полученные данные проецируются на все отрасли региональной экономики. Эта методика расчета, назовем ее «социологической», более точно отражает ситуацию на конкретном предприятии. Оценки потребностей, полученные в рамках «социологической», модели важны как для верификации, так и для настройки параметров «технологической» модели.

Известны модели рынка труда, основанные на компромиссно-равновесном подходе, связывающие компромиссные цены на товары и услуги с матрицей коэффициентов прямых затрат и прямыми затратами труда в стоимостном выражении на единицу стоимости. Эти модели не рассматривают развитие ситуации на рынке во времени и лишены универсальности в подходе к определению коэффициентов модели.

Поход к прогнозированию некоторых показателей экономической динамики рынков регионов РФ основывается на решающих правилах, которые позволяют определить класс, к которому относится регион. Рассматривается задача распознавания образов с неточными экспертными оценками, применяемая для уточнения построения эконометрической модели региона. Такой подход можно будет применить для оценки тенденций развития отраслей экономики.

Исходя из рассмотренного для дальнейшего формирования «технологической» модели прогнозирования потребностей региональных экономик в специалистах с высшим образованием необходимо обобщить концептуальную и формализовать математическую модель и сделать ее пригодной для высшего профессионального образования.

Проектирование ключевых этапов построения концептуальной модели основывается на следующем алгоритме методики: при проектировании и прогнозировании развития региональных образовательных систем возможно несколько подходов, существенно отличающихся друг от друга выбором доминирующего интереса того или иного субъекта. Так, интересы личности, интересы региональной системы образования и интересы региональной экономики могут значительно отличатся даже в рамках одного региона. Сделана попытка расчета региональной потребности в выпускниках с высшим профессиональным образованием с позиции обеспечения потребности региональной экономики. Методика прогнозирования потребностей региональной экономики в выпускниках учреждений высшего образования 28 укрупненных групп учебных специальностей может в дальнейшем быть использована для обеспечения конкурсного механизма размещения государственного заказа на подготовку специалистов в образовательных учреждениях России.

В разработанной методике прогнозирования перспективных потребностей рынка труда в выпускниках системы высшего образования берется за основу анализ значимых параметров, касающихся мониторинга текущих и прогнозирование перспективных потребностей регионального рынка труда в кадрах с высшим уровнем образования:

– численность постоянного населения;

– численность трудоспособного населения;

– распределение численности занятого населения по отраслям экономики и социальной сферы;

– среднегодовая численность промышленно-производственного персонала;

– уровень образования среди занятых в различных отраслях экономики;

– матрицы соответствия структуры подготовки специалистов с высшим образованием по 28 группам и структура отраслей народного хозяйства по 13 отраслям;

– коэффициент ротации для занятого населения.

Данная методика расчета базируется на методике математического моделирования спроса и составлена для конкретного субъекта федерации.

Изначально попытаемся свести задачу потребности экономик в специалистах к некоторой балансовой модели. Для этого определим словесную конструкцию «удовлетворить потребность» как «привести в соответствие с заданным значением некоторую количественную характеристику».

Зададим горизонт планирования для балансовой модели, поскольку речь идет о прогнозировании потребности во времени. Приемлемой датой для среднесрочного горизонта планирования выбирается 2010 г.

Определимся с обозначениями во временной области. Анализируемый период исследования динамики образовательных процессов простирается вверх и вниз от текущего года на десять лет, с 1995 г. (первый год детальной статистики в базе данных) до 2010 г. (некоторый обозримый горизонт планирования).

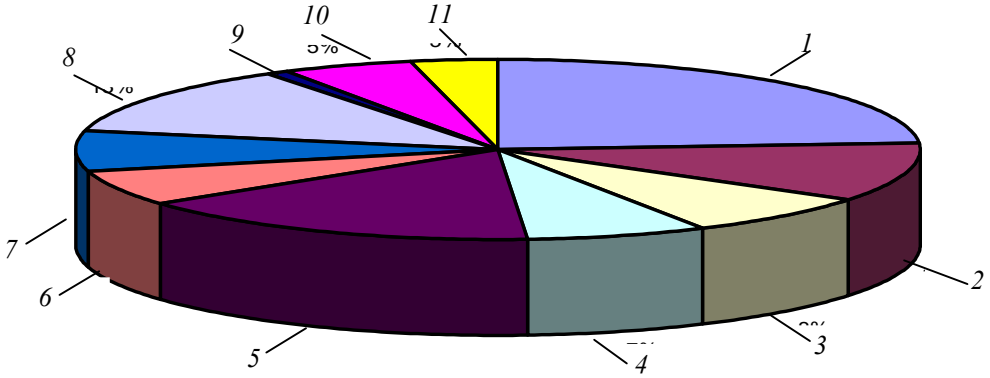


Рис. 1. Структура среднегодовой численности занятых в экономике Красноярского края на 1 января 2004 г.: *1* – промышленность (23 %); *2* – сельское и лесное хозяйство (11 %); *3* – транспорт и связь (8 %); *4* – строительство (7 %); *5* – оптовая и розничная торговля (16 %); *6* – жилищно-коммунальное хозяйство (6 %); *7* – здравоохранение, физкультура и социальное обеспечение (7 %); *8* – образование, наука, культура и искусство (13 %); *9* – финансы, кредит, страхование (1 %); *10* – управление (5 %); *11* – другие отрасли (3 %)

Поскольку время рассматриваемой модели дискретно, так как информация наблюдается с промежутком в один год, то введем переменную диапазона или индекс *i*, который будет изменяться от начального года исследования ($i_0 = 0$) до конечного ($i_f = 15$) с шагом 1 год. То есть время (годы) измерения и фиксирования данных будет изменяться по закону $t(i) = i + 1\,990$. Так, $t(0) = 1\,990$ и $t(0) = 2\,010$.

Обозначим через вектор вакансий $Pt(i)$:

$Pt_v(i) \in N^{1\times 28}$ – вектор потребности экономики СФ в специалистах с высшим профессиональным образованием в год $t(i)$ 28 укрупненных групп специальностей.

Эти потребности будем рассчитывать с позиции обеспечения потребности региональных экономик. В чем они состоят? Чему они будут равны? Удовлетворение потребности состоит в максимальном соответствии возникающих вакантных рабочих мест в отраслях экономики числу подготовленных для этого специалистов групп специальностей и уровней образования.

Определим количество выпускников СФ к году $t(i)$:

$V_V(i) \in N^{1\times 28}$ – вектор выпуска в $t(i)$ году специалистов ВПО 28 специальностей.

Тогда математически такая задача баланса спроса и предложения на рынке труда в СФ к $t(i)$ году сводится к решению уравнения

$$V\nu(i) = Pt\nu(i) \qquad (1)$$

Соотношение (1) определяет количество специалистов, необходимых для полного замещения потребностей в экономике исследуемого СФ.

Задача сводится к двойственной задаче оптимизации. Надо найти минимум функционала, который бы свел количество выпускаемых специалистов к потребностям по специальностям и уровню образования:

$$\sum_{k=1}^{28} (\nu_V(i)_k - pt_V(i)_k)^2 \to \min, \qquad (2)$$

где $V_v(i) = (\nu_V(i)_k)_{k=\overline{1,28}}$; $Pt_v(i) = (pt_V(i)_k)_{k=\overline{1,28}}$; k – индекс специальности.

Для минимизации функционала (2) необходимо определить переменные, которые будут играть роль проектных параметров при оптимизации. В случае решении задачи баланса это будет количество выпускаемых специалистов образовательных учреждений. В рамках данной работы интерес представляет определение потребностей, т. е. правая часть уравнения (1).

Приведем уравнение (1) к равноценному уравнению, которое также будет отражать баланс спроса и предложения на рынке труда потребности 13 укрупненных отраслей экономики.

Для этого перераспределим векторы подготовленных в ОУ ВПО выпускников по 28 группам специальностей по 13 отраслям экономики.

Рассмотрим матрицу коэффициентов потребностей отраслей экономики в специалистах с высшим образованием $A_V = (a_{V_{l,k}})_{l=\overline{1,13},k=\overline{1,28}} \in R^{13\times 28}$. Иначе эту матрицу можно назвать «матрицей соответствия» типа «специальность-отрасли». Строки ее будут соответствовать 13 отраслям экономики (*l* – индекс отраслей экономики, а столбцы – 28 укрупненным специальностям). Тогда коэффициент $a_{V_{l,k}}$ соответствует процентной доле специалистов со специальностью *k*, которые традиционно привлечены к работе в отрасли экономики *l*. Допустим, что сумма коэффициентов матрицы по всем 13 строкам должна равняться 1:

$$\forall l = \overline{1,13}: \sum_{k-1}^{28} a_{V_{l,k}} = 1. \qquad (3)$$

Этим предполагается, что все 100 % специалистов по любой из k-й специальности будут трудоустроены в пределах 13 отраслей экономики.

С учетом (3), векторы потребностей экономики в специалистах $Pt_V(i)$ получаются путем

округления результата умножения такой транспонированной матрицы $A_V{}^T$ на вектор $Tr_V(i) \in N^{13\times1}$ – вектор потребностей отраслей экономики СФ к году $t(i)$ в специалистах с ВПО:

$$Pt_V(i) = \left[A_V{}^T Tr_V(i)\right]. \quad (4)$$

Предполагается, что коэффициент матрицы соответствия A_V мало изменяется со временем в силу инерционной структуры экономики и технологии производства в большинстве отраслей, а также одинаковой потребности при производстве продукта в кадрах заданной квалификации на среднесрочном интервале планирования.

Определение коэффициентов матриц соответствия «специальность – отрасли» является первым ключевым вопросом в данной методике. Он может опираться на ряд экспертных оценок лиц, сведущих в кадровой политике, как со стороны отраслей экономик, так и со стороны региональных властей СФ. При использовании данной методики расчета потребуется работа с представителями заинтересованных в сотрудничестве СФ по уточнению коэффициентов этих матриц.

Отдельное внимание требуется привлечь к процессу формирования первой верхней строки всех матриц, которая отвечает за потребности промышленность в специалистах.

Рассмотрим правую часть уравнения (4). Потребности экономики СФ в сильной степени определены демографическим фактором и инерционным характером развития экономики. Они зависят от предполагаемой оценки значений вектора занятых в экономике к году $t(i)$ отраслей и уровня образования, и от некоторого коэффициента ротации $R(i) \in R^1$. Коэффициент $R(i)$ оценивает обновляющую долю вливающейся в экономику в год $t(i)$ молодежи относительно общего числа лиц всех возрастов:

$$Tr_V(i) = \left[W_V(i) / R_V(i)\right],$$

где $W_V(i) \in N^{13\times1}$ – вектор оценки занятых в экономике лиц любого возраста с ВПО к $t(i)$ году 13 отраслей экономики; $R_V(i)$, – коэффициент ротации.

Возьмем коэффициент ротации R за константу:

$$R_V(i) = R(i) = R \approx 25. \quad (5)$$

Смысл этого коэффициента сводится к тому, что в среднем специалист с профессиональным образованием работает в экономике с 25 лет, или ежегодно 1/25 часть занятых в отраслях экономики нуждается в замене.

Возникает задача, как определить вектор потребностей $W_V(i)$. Предлагается вначале оценить тенденции развития отраслей экономики данного СФ к году $t(i)$ без учета уровня образования. Среднегодовое число занятых в разрезе отраслей будет отображать вектор $W(i) = (w(i)_l)_{l=\overline{1,13}} \in N^{13\times1}$. Далее, опираясь на статистические данные о процентном соотношении лиц с разным уровнем образования в различных отраслях по СФ, из общего вектора можно выделить составляющие по уровню образования.

Распределение занятого населения по уровню образования в различных отраслях экономики в существующих статистических справочниках представлена в виде таблицы лишь для Российской Федерации.

Поэтому существуют два пути:

Первый путь – в качестве грубого приближения, мы можем использовать процентные доли оценки числа занятых с тем или иным уровнем образования по отраслям для исследуемого СФ.

Второй путь – это решение задачи оптимизации с целью улучшения этих процентных долей для отражения ситуации в крае.

Обозначим векторами

$Ed_V^{RF}(2002) \in N^{13\times1}$ – процентную долю лиц с высшим образованием в разрезе отраслях экономики края в 2004 г. Будем считать, что данный процент мало изменится на уровне среднесрочного периода планирования:

$$Ed_V(i) = Ed_V^{RF}(2002) = Ed_V = (ed_{Vl})_{l=\overline{1,13}}.$$

Тогда оценку вектора занятых в экономике по уровню высшего образования в отраслях можно записать как результат округления покомпонентного вектора:

$$W_V(i) = \left[w(i)_l ed_{Vl}\right], \forall l = \overline{1,13}.$$

Возникает вопрос о прогнозировании вектора $W(i)$ среднегодовых занятых в экономике в отраслях. Среднегодовая численность занятых в экономике по отраслям сильно коррелирует с отраслевой структурой производства промышленной продукции, иными словами, с тенденциями развития отраслей промышленности.

Динамика или тренды развития отраслей промышленности по Красноярскому краю являются вторым ключевым вопросом, требующим всестороннего обсуждения и дискуссий. Очевидно, это прерогатива экспертов, задающих в программе снижение или рост процентных соотношений в экономике по отраслям. При этом предлагается, что сумма занятых в экономике по отраслям в некоторый год $t(i)$ для края будет равняться такой характеристике, как среднегодовая численность занятых в экономике $W_{tot}(i) \in N^1$ на всем протяжении периода планирования:

$$W_{tot}(i) = \sum_{l=1}^{13} w\ (i)_l\ . \quad (9)$$

Осуществить такой прогноз дело экспертное, в рамках данной работы мы ограничимся принципом «равноценности» развития отраслей экономики с учетом времени.

Найдем корреляцию между общей численностью населения к году $t(i)$, численностью населения в трудоспособном возрасте и численностью занятых в экономике.

В статистических справочниках имеется прогностическая оценка общей численности населения $Pop(i) \in N^1$ и численности населения в трудоспособном возрасте $Lab(i) \in N^1$ для каждого СФ на период до 2025 г. Рассчитаем усредненный за период (1995–2002 г.г.) коэффициент пропорциональности $k_W^L = \text{const}$:

$$k_M^L = \frac{\left(\sum_{i-0}^{7} W_{tot}(i) - \max_i\{W_{tot}(i)\} - \min_i\{W_{tot}(i)\}\right)}{\left(\sum_{i-0}^{7} Lab(i) - \max_i\{Lab(i)\} - \min_i\{Lab(i)\}\right)},$$

$$\forall l = \overline{0,7}. \qquad (10)$$

Тогда прогностическую оценку вектора среднегодовой численности занятых в экономике для года $t(i)$ можно записать в виде уравнения

$$W_{tot}(i) = \left[k_W^L Lab(i)\right], \ \forall i = \overline{7,20}. \qquad (11)$$

Исходя из статистической информации необходимо определить усредненный процент доли каждой отрасли экономики за опытный период (1995–2002 гг.). Для этого формируют таблицу значений и определяют усредненный вектор процентных долей занятых в отраслях экономики $p_W^m \in R^{13\times1}$.

$$p_{Wl}^m = \left(\sum_{i=0}^{7} p_{Wl}(i) - \max_i\{p_{Wl}(i)\} - \min_i\{p_{Wl}(i)\}\right)/(8-2),$$

$$\forall l = \overline{1,13} \qquad (11)$$

где $p_W(i) \in R^{13\times1}$ – векторы процентных долей, занятых в отраслях экономики [12] в год $t(i)$. Крайние значения отбрасывают.

С учетом ограничения (9) и оценки (11) можно записать выражение для прогноза вектора среднегодовой численности занятых в разрезе отраслей экономики $W(i)$:

$$w(i)_l = \left[p_W^m W_{tot}(i)\right], \ \forall l = \overline{1,13}. \qquad (12)$$

Методика показывает спрос в специалистах с высшим уровням профессионального образования 28 укрупненных специальностей с 2005 до 2010 г:

$$\forall i = \overline{7,20},$$

$$Pt_V(i)_k = \left[\sum_{l=1}^{13} a_{V_{l,k}} \left[p_{Wl}^m k_W^L Lab(i) ed_{Vl} / R\right]\right],$$

$$\forall k = \overline{1,28}. \qquad (13)$$

Таким образом, полученное выражение (13) дает нам возможность подойти к решению системы (1) баланса рынка труда и рынка образовательных услуг, например, путем минимизации функционала (2) и определению требуемых векторов выпусков из ОУ 28 укрупненных специальностей.

Формализованная математическая модель расчета потребностей региональной экономики в специалистах с различным уровнем профессионального образования определяется выбором значимых факторов: инерционностью региональной структуры промышленного производства, постоянством структуры человеческого капитала, необходимого для производства единицы продукции в пределах страны, консервативность системы образования в регионе, учетом демографических факторов.

Модель имеет ряд ограничений и допусков, которые нуждаются в доработке в ходе дальнейших исследований:

– уточнение коэффициента ротации R общей численности занятых в экономике в зависимости от пола и характера возрастной структуры в отраслях экономики;

– уточнение коэффициентов матрицы соответствия «группы специальностей – отрасли экономики» для каждого уровня профессионального образования;

– уточнение коэффициентов матрицы соответствия «группы специальностей – подотрасли промышленности» для каждого уровня профессионального образования;

– уточнение трендов в развитии отраслей экономики субъектов федерации;

– распределение числа занятых по отраслям экономики и уровню образования в региональном уровне.

Указанные проблемы могут решаться в ходе дальнейшей работы и консультаций с заинтересованными федеральными и с региональными органами власти.

В качестве достоинств разработки можно отметить, что с учетом вышеперечисленных допусков, «технологическая» методика прогнозирования основана на стандартизированном подходе, формализованном в унифицированную математическую модель. И она может применяться для любого СФ при формировании государственного заказа на подготовку специалистов.

Z. G. Sangadiev, S. N. Skotnikov, A. U. Zhyrnova

FORECASTING METHODS OF THE REGION ECONOMY NEEDS FOR SPECIALISTS

The forecasting methods of needs for specialists in the regional economy sphere are suggested on the basis of labour-market analysis in Krasnoyarsk region, the methods are founded on the demand mathematical modeling principles and are drawn up for the particular federation region.

УДК 339.187.62

Д. З. Санжимитупов

ЛИЗИНГ КАК МЕТОД ФИНАНСОВОЙ ПОДДЕРЖКИ СУБЪЕКТОВ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Рассмотрены вопросы создания эффективной системы финансовой поддержки субъектов малого бизнеса на примере Агинского округа.

Современный этап развития малого предпринимательства в Агинском округе свидетельствует о необходимости пересмотра роли государственных и иных структур в процессе создания и функционирования субъектов малого бизнеса, о необходимости создания более простой, но эффективной системы его финансовой поддержки, основывающейся на привлечении не только государственных средств, но и ресурсов самих предпринимателей. С учетом влияния различных методов финансовой поддержки малого бизнеса на интересы финансирующих структур и самих малых предприятий следует выделить, на наш взгляд, три основных блока: льготное кредитование субъектов малого предпринимательства путем компенсации части процентных ставок, лизинг как один из способов финансово-имущественной поддержки малого бизнеса и кооперативное кредитование как альтернативная форма финансирования малого предпринимательства за счет собственных средств. Таким образом, предлагаемый нами механизм финансовой поддержки будет включать следующие формы, виды и методы финансовой поддержки: бюджетное финансирование (путем компенсации части процентных ставок), льготное кредитование (через институт кредитного кооператива) и лизинг (рис. 1).

Разработанный механизм финансовой поддержки субъектов малого предпринимательства, на наш взгляд, обладает несколькими несомненными преимуществами:

1. Простота и ясность организации системы финансовой поддержки малого бизнеса – каждый блок отвечает за определенный вид финансовой помощи, каждый субъект малого предпринимательства, обратившись в ту или иную структуру, может получить тот вид финансовой поддержки, в которой он нуждается в данный момент времени.

2. Отсутствие дублирования функций, усложняющее как деятельность самой инфраструктуры поддержки, так и выбор необходимой структуры со стороны предпринимателей.

3. В представленной системе финансовой поддержки задействованы средства окружного (местного) бюджета, коммерческих банков, средства самих предпринимателей, что способствует более рациональному и адресному их использованию.

4. Отсутствие многочисленных проверяющих и контролирующих органов за деятельностью структур, оказывающих финансовую поддержку малому бизнесу, «прозрачность» отношений способствует более эффективной работе всей инфраструктуры поддержки.

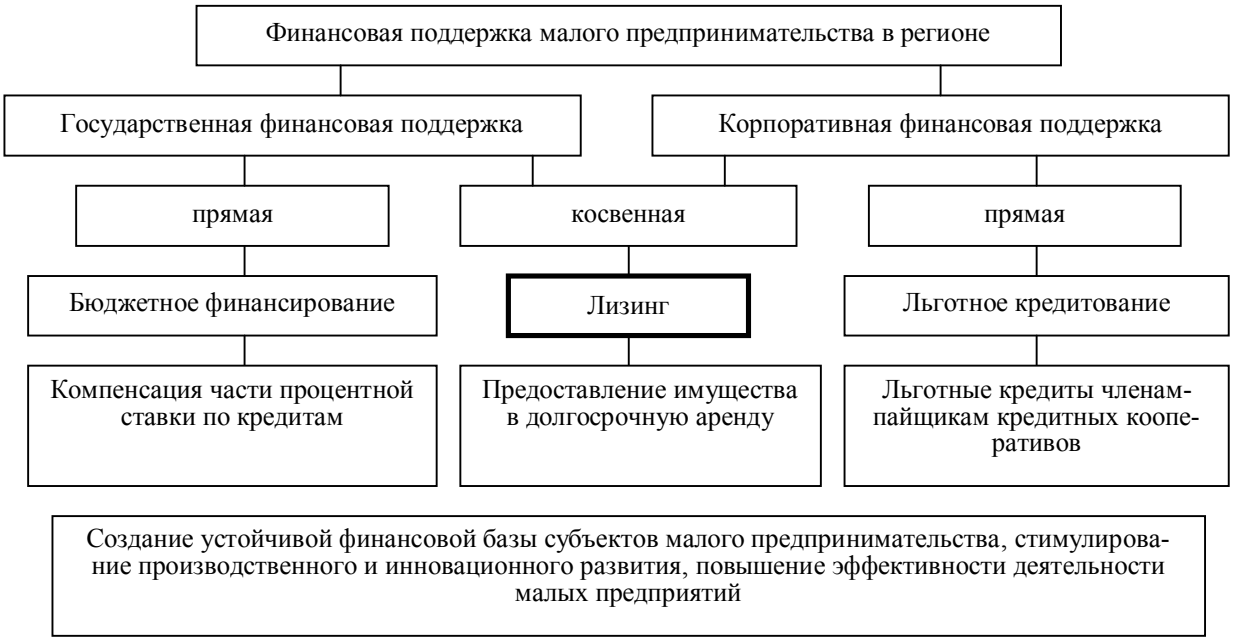


Рис. 1. Формы, виды и методы финансовой поддержки малого предпринимательства в регионе

Анализ существующей практики финансовой поддержки малого предпринимательства в Агинском округе показал, что на сегодняшний день работает схема предоставления льготных кредитов через систему гарантийного фонда и компенсации части процентной ставки по кредитам, при этом размеры оказываемой помощи гораздо меньше требуемого, что свидетельствует о необходимости дальнейшей работы в этом направлении.

Лизинг в аграрных регионах сегодня – один из самых эффективных способов финансово-имущественной поддержки субъектов малого бизнеса, а кредитные кооперативы – новая для нашей страны форма кредитования малого бизнеса, широко используемая в зарубежных государствах.

Лизинг является одной из основных форм интеграции крупного и малого бизнеса наряду с субподрядом, франчайзингом и венчурным финансированием, причем скорее отвечает российской, нежели западной специфике, поскольку именно у нас на крупных предприятиях значительная часть машинного парка простаивает или недоиспользуется, в то время как малые предприятия испытывают острую нужду в оборудовании. Кроме того, зачастую это единственный способ для малого предприятия приобрести необходимое ему оборудование из-за отсутствия достаточных денежных средств и невозможности взять кредит в банке. Лизинг в данном случае как разновидность кредита обеспечивает полное финансирование капиталовложений предпринимателя без отвлечения средств из производственного процесса. Однако, прежде чем выявить основные преимущества подобной формы финансирования для малого бизнеса, остановимся на сущности лизинга как экономической категории.

Лизинговая деятельность в нашей стране на сегодняшний день регламентируется Гражданским Кодексом РФ, Законом РФ «О лизинге» от 29.10.1998 г. № 164-ФЗ, Федеральным Законом РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 25.09.1998 г. № 158-ФЗ (ред. от 26.11.1998 г.) и Оттавской Конвенцией УНИДРУА о Международном финансовом лизинге, к которой Россия присоединилась 8 февраля 1998 г.

Согласно ст. 2 закона «О лизинге» под лизингом понимается вид инвестиционной деятельности по приобретению имущества и передаче его на основании договора лизинга физическим или юридическим лицам за определенную плату, на определенный срок и на определенных условиях, обусловленных договором с правом выкупа имущества лизингополучателем.

Лизинговая сделка в общем виде (рис. 2) представляет собой следующее: потенциальный лизингополучатель (в данном случае субъект малого предпринимательства), у которого нет свободных финансовых средств, обращается в лизинговую компанию с предложением заключить такую сделку. При этом он сам может выбрать продавца, располагающего требуемым имуществом, а лизингодатель (лизинговая компания, банк и т. д.) приобретает его в собственность и передает его лизингополучателю во временное владение и пользование за оговоренную в договоре лизинга плату. В зависимости от его условий по окончании договора имущество возвращается лизингодателю или переходит в собственность лизингополучателя.

По своей экономической природе лизинг имеет сходство с кредитными отношениями и инвестициями. Так, собственник имущества, передавая его на определенный период во временное пользование, в установленный срок получает его обратно, а за предоставленную услугу получает комиссионное вознаграждение. Это свидетельствует об элементах кредитных отношений. Однако участники сделки оперируют не денежными средствами, а имуществом.

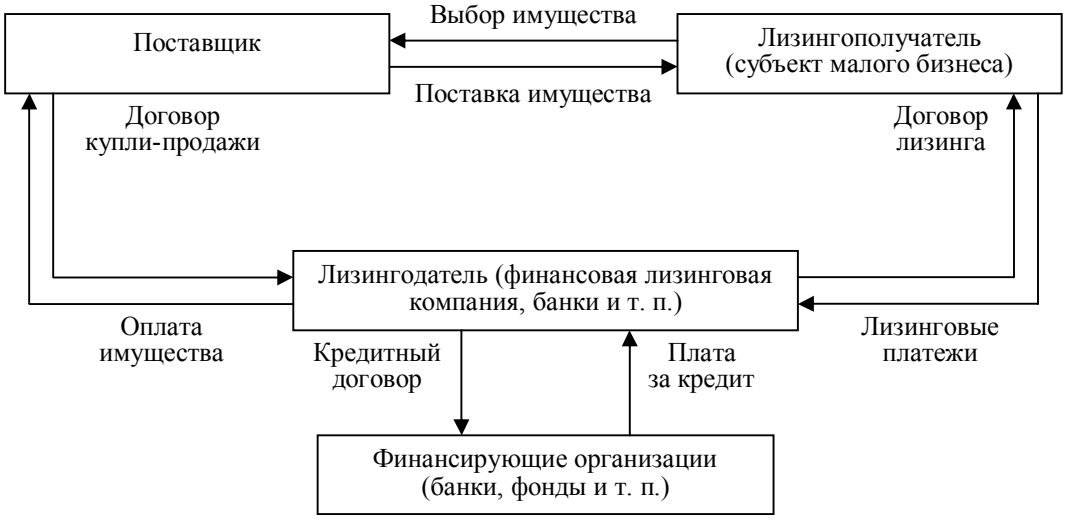


Рис. 2. Схема лизинговой сделки и финансовых потоков

Таким образом, лизинг можно квалифицировать как товарный кредит в основные фонды, а по форме он схож с инвестиционным финансированием. Различие между ними заключается в том, что клиент берет кредит и сам приобретает оборудование, и право собственности на это оборудование принадлежит ему. При заключении же лизингового договора клиент, выступающий в роли лизингополучателя, не получает право собственности, а только право пользования этим оборудованием на определенных условиях и возможность выкупить его по окончании договора.

Развитие лизинга во многом зависит от надежных гарантий, сокращающих финансовые риски, которым могут быть подвергнуты участники лизинговых операций. В нашей стране обеспечением лизинговой сделки могут быть банковская гарантия; векселя предприятия, гарантированные надежными российскими банками; векселя крупных бюджетных организаций и предприятий; фонды в покрытие гарантий лизинговых платежей; поручительство крупных компаний; залог ценных бумаг; залог ликвидного товара в обороте; залог недвижимости; гарантия обратного выкупа поставщиком и др.

В лизинговой практике наиболее широко используют залог и гарантии. В отношении малых предприятий в качестве залога обычно выступает само оборудование (имущество), передаваемое в лизинг.

Следует отметить, что проценты по полученным заемным средствам, включая кредиты банков и других организаций, используемым лизингополучателем и лизингодателем для осуществления операций финансового лизинга, а также лизинговые платежи относятся на себестоимость продукции.

Лизинг обладает большим набором преимуществ, помимо которых существуют также особые преимущества лизинга по сравнению с другими видами поддержки малого предпринимательства. Так, лизинг предполагает предоставление малым предприятиям оборудования, а не средств для его приобретения. Таким образом, можно быть уверенным, что предоставленные средства будут использоваться по своему прямому назначению. При этом, рассматривая заявки малых предприятий на лизинг, специалисты лизинговых компаний имеют возможность не только оценить экономическую эффективность предполагаемого проекта, но и, имея доступ к базам данных по оборудованию и его поставщикам, проверить соответствие закупаемого оборудования современным требованиям к качеству и мировому уровню.

Применение лизинга позволяет резко снизить потери предоставленных финансовых средств, поскольку в соответствии с принятыми нормативными актами собственник оборудования (лизингодатель) в случае ошибки при выборе лизингополучателя и неспособности его эффективно использовать предоставленное оборудование всегда имеет возможность передать это оборудование другому лизингополучателю. Кроме того, использование лизинга дает возможность малым предприятиям более полно реализовать перспективный план своего развития. Согласовав с лизингодателем полный комплект необходимого оборудования для осуществления общего плана развития, предприниматель может получить часть оборудования для первого этапа и, осуществляя в соответствии с договором лизинговые платежи, иметь гарантию своевременного получения оборудования для последующих этапов расширения бизнеса.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что преимущества лизинга для финансирования малого бизнеса несомненны, главное – это создать условия, при которых лизинговые компании смогут и захотят работать с субъектами малого предпринимательства, а малые предприятия на собственном опыте почувствуют эффективность применения системы лизинга в приобретении основных средств. Немаловажную роль при этом должны сыграть местные органы власти и непосредственно те структуры, которые отвечают за поддержку малого бизнеса в регионе. При правильном и скорейшем разрешении этого вопроса будет решена одна из основных проблем становления и развития малого предпринимательства – имущественная поддержка субъектов малого бизнеса.

D. Z. Sanjimitoupov

LISING AS A FINANCIAL SUPPORT METHOD OF SMALL BUSINESS SUBJECTS

It is covered the problems of forming of the effective financial support system of small business subjects, on the example of Aginsk district.

УДК 338.1; 336.012.23

Е. П. Севастьянова

ЭВОЛЮЦИЯ РОЛИ БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ В СОЗДАНИИ ФИНАНСОВЫХ УСЛОВИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА В РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Рассмотрено изменение степени и характера влияния банковской системы на экономический рост в процессе эволюции рыночной экономики и определяется сущность этого влияния в современном рыночном хозяйстве. Показывается, что эндогенизация денежной массы, являющаяся результатом развития банковской системы, значительно расширяет возможности рыночной системы в финансировании инвестиций.

При переходе к рынку Россия столкнулась с качественно новыми проблемами макроэкономического управления, связанными с возросшей ролью банковской системы в экономической жизни страны. Для разработки адекватной нынешним российским условиям государственной политики в отношении как банковского, так и реального сектора необходимо понимать сущность влияния банковской системы на экономический рост в рыночной экономике.

Примечание. Термины «банковская система» и «банковский сектор» используются в данной работе как равнозначные и подразумевают включенную в экономическую систему страны единую и целостную совокупность кредитных организаций, каждая из которых выполняет особые функции, в результате чего удовлетворяются потребности общества в банковских продуктах.

Объектом исследования является совокупность отношений между банковским и реальным сектором в рыночной экономике. Именно через эти отношения и реализуется роль банковской системы в создании финансовых предпосылок экономического роста. В современной экономической теории связь реального сектора и банковской системы до сих пор не определена однозначно, а ее активное изучение началось сравнительно недавно – с 1960-х гг. До этого многие влиятельные экономисты, в частности Дж. Робинсон [1], исходили из того, что развитие банковской системы просто следует за экономическим ростом в реальном секторе экономики.

Примечание. Это мнение однако разделяли не все, например, Дж. Хикс при анализе периода индустриализации Англии в XIX в. сделал вывод, что банковская система оказала существенное влияние на масштабы и темпы индустриализации [2].

Первые эмпирические исследования, направленные на изучение зависимости темпов экономического роста от состояния банковской системы, указывают на наличие связи между уровнем финансового и экономического развития [3; 4]. Несмотря на рост числа таких исследований, вопрос о сущности влияния банковской системы на реальный сектор остается открытым. Изучение этого вопроса и является целью данной работы.

Анализ роли банковской системы в создании финансовых предпосылок экономического роста осуществлен нами путем установления особенностей финансирования инвестиций на различных этапах развития рыночной экономики. Инвестиции, как известно, являются материальной основой экономического роста, а непрерывность и достаточность их финансирования определяется, главным образом, уровнем монетизации экономики. Нехватка денежных средств в экономике приводит в первую очередь к снижению инвестиционной активности, так как фирмам, чтобы не обанкротиться, необходимо прежде всего профинансировать текущее производство. Кроме того, при недостаточном уровне монетизации деньги становятся дороже, и обеспечить их окупаемость на долгосрочных операциях сложнее, что также ведет к уменьшению объемов инвестиций, являющихся, как правило, долгосрочными вложениями денежных средств. Поэтому при исследовании особенностей финансирования инвестиций мы определяли, за счет каких источников осуществлялась оплата инвестиций на различных этапах развития рыночной системы и каким образом поддерживался уровень монетизации, обеспечивающий инвестиционную активность, достаточную, чтобы в экономике наблюдался рост.

На первоначальном этапе развития рыночная экономика представляла собой «внешнеденежную экономику», т. е. хозяйство, в котором господствующую роль играли внешние деньги, являющиеся чистым активом частного сектора (чистым обязательством государства перед частным сектором). Банковская система в ней была развита слабо. Во внешнеденежной экономике рыночные структуры были близки к совершенно конкурентным. На рынке оперировали мелкие фирмы, не требующие крупных капитальных вложений, поэтому кредитные средства использо-

вались мало, и финансирование процессов производства и реализации продукции, а также инвестиций в реальный сектор происходило в основном за счет собственных средств хозяйствующих субъектов, из-за чего стимулы развития банковской системы отсутствовали. Уровень монетизации, необходимый для поддержания инвестиционной активности, достаточной для роста производственных возможностей экономики, обеспечивался благодаря накопленному запасу денежной массы и ее текущему увеличению, которое осуществлялось за счет повышения золотого запаса экономики. Динамика цен во внешнеденежной экономике не была однонаправленной: периоды роста цен в фазах подъема сменялись периодами их снижения в фазах рецессии.

Иными словами, внешнеденежная экономика – это экономическая система, которая соответствует «капитализму свободной конкуренции» и, следовательно, существовала в странах Запада после начала промышленного переворота и до образования монополистических объединений (т. е. до последней четверти XIX в.). Инвестиции во внешнеденежной экономике финансировались за счет текущих и предшествующих сбережений и, следовательно, были ограничены величиной последних. До некоторого времени объема сбережений во внешнеденежное экономике хватало, чтобы обеспечить прирост капитальных вложений в реальный сектор.

Рост инвестиций способствовал постепенной смене рыночных структур, близких к совершенно конкурентным, несовершенными рыночными структурами, такими как монополия, олигополия и монополистическая конкуренция. Внутренний механизм этого процесса следующий: рост инвестиций означает, что на предприятиях увеличивается запас капитала относительно количества других используемых факторов производства. Два последствия этого нуждаются в особом анализе.

1. Значительный рост фиксированных издержек производства по отношению к переменным на предприятиях базовых отраслей в краткосрочном периоде. В результате объем производства, при котором предприятиям этих отраслей удается достичь глобального минимума долгосрочных средних издержек, повышается. Графически кривые общих средних краткосрочных издержек AC начинают располагаться таким образом, что с увеличением объема производства AC при большем объеме выпуска находится ниже, чем AC при меньшем объеме выпуска. В конечном счете, это становится причиной трансформации кривой долгосрочных средних издержек LAC (которая, как известно, огибает кривые AC для разных объемов производства) в длительно нисходящую кривую, иллюстрирующую увеличение положительного эффекта масштаба производства рассматриваемых отраслей.

2. Рост барьеров входа в отрасли, где функционируют предприятия с возросшим положительным эффектом масштаба производства. Чтобы получить возможность успешно конкурировать в этих отраслях, новые фирмы должны иметь большие средства на инвестиции в целях образования необходимого запаса основного капитала. Поскольку не всем это удается, уже существующие в данных отраслях компании получают «полномочия» контроля над ценами. Иными словами, отрасли с высокими барьерами входа автоматически оказываются несовершенно конкурентными.

Данные фундаментальные изменения рыночных структур (моделей рынка) стали складываться в ведущих странах Запада в последней четверти XIX в. К этому периоду в Великобритании, Франции, США и некоторых других государствах уже завершился промышленный переворот. Фабрично-заводская промышленность стала базой экономики. Дальнейшее наращивание инвестиций в основной капитал создавало предпосылки для концентрации производства и формирования монополистических объединений (синдикатов, трестов и т. д.). Указанный крупномасштабный рост инвестиций послужил, на наш взгляд, главной причиной преобразования «капитализма свободной конкуренции» в «монополистический капитализм» (изменил рыночные структуры ряда отраслей), преобразования, закончившегося в целом к началу Первой Мировой войны.

Эволюция моделей рынка происходила с соответствующей эволюцией финансовой и, прежде всего, банковской системы.

Примечание. Под финансовой системой мы понимаем включенную в экономическую систему страны совокупность финансовых институтов и рынков, оперирующих различными финансовыми инструментами (финансовыми обязательствами и правами), с помощью которых осуществляются все действия с финансовыми активами: оборот денежной массы, кредитование и заимствование финансовых средств, финансовое обслуживание внешнеэкономической деятельности. Таким образом, понятие финансовой системы шире понятия банковской системы и включает в себя последнюю в качестве основного звена.

Распространение несовершенных рыночных структур привело к укрупнению функционирующих в экономике фирм, которые требуют бо́льшего объема инвестиций, чем мелкие фирмы, и, следовательно, бо́льшего объема средств для осуществления этих инвестиций. Таким образом, эволюция рыночных структур вызвала фундамен-

тальные изменения в возможностях фирм финансировать свои инвестиции. Эти возможности мы условно подразделили на два типа: внутренние и внешние.

1. Изменение внутренних возможностей финансирования инвестиций фирмами заключается в появлении и расширении их «полномочий» в контроле над ценами. Повышение цены на продукцию оказывается для фирмы, по мнению А. Эйхнера, «субститутом получения кредита» [5]. Оно сразу же обеспечивает приток финансов в компанию, так как потребители в первый момент не успевают сориентироваться. Но, как известно из микроэкономического анализа, чем продолжительнее период времени, тем выше эластичность спроса на товары и услуги, поэтому с течением времени покупатели переключаются на товары и услуги других производителей, и данная фирма несет потери. Иными словами, рост цены приводит к единовременному увеличению денежных поступлений и к последующему потоку денежных потерь (вызванных снижением спроса). Просматривается аналогия со взятием ссуды (единовременное увеличение запаса финансов и затем потоков денежных затрат). Ценовые решения фирм связаны с их инвестиционными решениями, так как увеличение ожидаемой доходности от инвестиций в сочетании с неблагоприятными условиями банковского кредитования (высокая ставка процента, жесткий график погашения ссуд) являются стимулами к увеличению цен. Последнее становится для фирм особым способом финансирования инвестиций. Однако его использование достаточно серьезно ограничено мощью конкурентов, а также величиной и характером платежеспособного спроса. Поэтому более важным источником средств на оплату капиталовложений для фирм оказывается внешний.

2. Расширение внешних возможностей фирм в финансировании инвестиций связано непосредственно с соответствующей эволюцией финансовой и, являющейся ее ключевым звеном, банковской системы. Не случайно исторически концентрация производства и образование монополистических объединений сопровождались, с одной стороны, развитием акционерной собственности и рынка ценных бумаг, а с другой – слиянием банковского и промышленного капиталов и эволюцией банковской системы. Аккумулирование финансовых средств с помощью распространения акций и банковского кредитования было необходимым условием крупномасштабного роста инвестиций и изменения рыночных структур. Иными словами, возникновение «монополистического капитализма» не могло бы иметь место без соответствующей эволюции финансовой системы.

Анализ показал, что особую роль в этом процессе сыграло превращение банковских депозитов в средство платежа и, следовательно, возникновение институциональной практики, при которой выдача ссуд банками означала создание денег в экономике. Указанное изменение, происходившее в период становления монополистического капитализма, на рубеже XIX и XX вв., привело к преобразованию внешнеденежной экономики во внутреннеденежную, т. е. в хозяйство, в котором господствуют внутренние (банковские) деньги. Внутренние деньги представляют собой одновременно и актив, и пассив частного сектора, т. е. его обязательство самому себе или, иными словами, долг реального сектора сектору домохозяйств, опосредованный финансовой сектором.

Во внутреннеденежной экономике текущие и предшествующие сбережения перестают быть финансовым ограничителем инвестиций. В качестве него теперь выступают денежные средства, находящиеся в распоряжении банков. Этот ограничитель является жестким, так как нормативы обязательных резервов устанавливаются Центральным банком. Манипулируя нормой обязательных резервов, Центральный банк регулирует количество внутренних денег в хозяйстве, т. е. монетизацию экономики. Таким образом, на этом этапе развития рыночной экономики (рубеж XIX и XX вв. – окончание Второй Мировой войны) и внутренние и внешние деньги были экзогенными – их количество определялось Центральным банком.

Однако банки, стремясь с выгодой для себя финансировать инвестиции промышленных фирм, на определенной стадии развития стали уходить из-под такого контроля. Для этого они осуществляли различные финансовые инновации, заключающиеся в изобретении банками новых видов денег и способов эмиссии старых независимо от монетарной политики Центрального банка. В результате внутренние деньги становились эндогенными, количество которых определяется не действиями Центрального банка, а спросом на деньги со стороны частного сектора. Таким образом, внутреннеденежная экономика с полностью экзогенной денежной массой постепенно сменялась внутреннеденежной экономикой с частью денежной массы, эмитируемой эндогенно.

Экзогенные и эндогенные деньги нельзя отождествлять с внешними и внутренними. Как уже говорилось выше, внешние деньги – активы частного сектора (обязательства государства), внутренние же деньги, являющиеся активом и пассивом частного сектора, представляют собой его обязательства самому себе, опосредованные финансовой системой. Критерий деления денег на эндогенные и экзогенные иной: если их величина

контролируется Центральным банком, то это экзогенные деньги, а к эндогенным относятся те деньги, запас которых формируется действиями частного сектора независимо от монетарной политики Центрального банка. Поэтому внешние деньги по сути всегда экзогенны, тогда как внутренние деньги могут быть как экзогенными, так и эндогенными.

Вопрос об эндогенности или экзогенности внутренних денег представляет собой один из фундаментальных вопросов макроэкономики в зависимости от ответа, на который можно идентифицировать то или иное направление в науке. В большинстве макроэкономических теорий – в моделях представителей неоклассической школы и ортодоксального кейнсианства – постулируется экзогенность внутренних денег. Это означает, что действия Центрального банка являются единственным фактором, определяющим, в конечном счете, денежную массу. С другой стороны, большинство последователей посткейнсианства считают, что внутренние деньги эндогенны и, следовательно, Центральный банк не в состоянии контролировать их величину. Посткейнсианство на сегодняшний день является единственной макроэкономической доктриной, базирующейся на теории эндогенных денег. Деньги благодаря эндогенному характеру формирования и будучи активом, не создающим занятость, играют особую роль в посткейнсианской экономической теории, что дало повод И. Осадчей обозначить данное направление «монетарным кейнсианством» [6].

Анализ эндогенности денег очень важен. Дело в том, что в ситуации, при которой денежные средства формируются лишь за счет желания и действий субъектов частного сектора без каких-либо ограничений со стороны внешних сил (изменения золотого запаса или действий Центрального банка), существуют качественно новые возможности финансирования инвестиций в основной капитал. Эти возможности отсутствуют при слаборазвитой банковской системе, отличающейся экзогенностью денежной массы.

Исходной побудительной причиной эндогенизации денежной массы, т. е. приобретения ее частью независимости от монетарной политики государства, является желание фирм финансировать возрастающие объемы инвестиций в основной капитал, иными словами, рост побуждения к инвестированию реального сектора, характерный в период экономического подъема. Банки пытаются удовлетворить это побуждение, прикладывая все усилия к поиску резервов для предоставления выгодных в такое время кредитов, что и эндогенизирует внутренние деньги.

Эндогенизация денежной массы происходит путем выпуска банками финансовых инструментов, выполняющих функции денег, но не учитываемых в качестве таковых Центральным банком, и расширения способности банков наиболее полно использовать избыточные резервы банковской системы и применять стратегию управляемых пассивов. Последняя позволяет банкам играть активную роль в процессе формирования своей ресурсной базы, получив относительную самостоятельность от решений вкладчиков. Монетарная политика также приобретает эндогенный характер, так как Центральный банк вынужден выдавать банкам кредиты для поддержания стабильности банковской системы. Эндогенизация денежной массы дает банковской системе большие возможности для кредитования реального сектора. А поскольку инвестиции в современной рыночной экономике требуют долгосрочных и значительных по объему денежных ресурсов и финансируются фирмами в основном за счет внешних источников, то уровень развития банковской системы, определяющий ее способность эндогенно эмитировать деньги, оказывает существенное влияние на темпы экономического роста. Таким образом, эндогенизация денежной массы является необходимым условием экономического роста в современной рыночной экономике и показателем уровня развития банковской системы.

Экономическая система, в которой несовершенные рыночные структуры сочетаются с неэндогенными деньгами, является чрезвычайно нестабильной, поскольку фирмам требуется большой объем внешнего финансирования для осуществления инвестиций, а банковская система не может гибко реагировать на изменения спроса на деньги. Данная экономика обладает гораздо более низким потенциалом для развития, чем та, в которой несовершенные рыночные структуры сочетаются с эндогенными деньгами. И «золотой век» капитализма в первые десятилетия после Второй Мировой войны имеет вполне понятные причины: именно тогда начали внедряться финансовые инновации, эндогенизировавшие денежную массу, что обеспечивало бесперебойное финансирование роста инвестиций и экономики в целом.

С точки зрения Ф. Арестиса, эндогенность денежной массы означает, что «любой рост цен фирм может быть профинансирован увеличением количества денег» [7]. Внешнеденежная экономика не обладает такими возможностями, поскольку характеризуется рыночными структурами, близкими к совершенно конкурентным, где любое превышение цен над средними издержками мо-

жет повлечь за собой убытки и банкротства для фирм, решившихся на такое превышение. В хозяйстве же с внутренними эндогенными деньгами любой рост цен в принципе может остаться безнаказанным за счет эндогенного наращивания денежной массы.

Необходимо отметить, что наличие внутренних эндогенных денег усиливает степень цикличности рыночного хозяйства, поскольку эндогенизация денежной массы, по мнению Х. Мински, изменяет тип финансирования инвестиционных расходов фирм: они переходят на «чрезмерное внешнее финансирование, при котором текущих притоков наличности инвесторов не хватает на выплату не только долга, но и даже процентов по нему» [8]. Таким образом, фаза подъема делового цикла обеспечивается накоплением долгов, фаза рецессии порождается неспособностью должников (фирм) выполнить свои долговые обязательства перед кредиторами (банками). Для возврата долгов фирмы начинают реализацию собственных капитальных активов, а так как она происходит во всей экономике, цены на капитальные и финансовые активы падают, что влечет целую цепь банкротств. Если циклический спад сопровождается массовой неплатежеспособностью банков, то это может привести к уменьшению и даже ликвидации эндогенных денег и отбросить банковскую систему в своем развитии назад.

Смягчить такие колебания может государство, проводя в фазу рецессии делового цикла экспансионистскую фискальную политику, а также посредством выполнения Центральным банком функции «кредитора на крайний случай», что позволит обеспечить банки ликвидностью в самые критические моменты и предотвратить усугубление финансового кризиса. Активная антициклическая политика проводится большинством индустриально развитых стран начиная с 1960-х гг. Необходимо отметить, что она не только не может полностью остановить рецессию, но и приводит к ускорению инфляции. В результате экономика развитых стран столкнулась с новой проблемой – стагфляцией. Именно поэтому рыночная экономика с эндогенной денежной массой характеризуется постоянным ростом цен вне зависимости от фазы делового цикла. Так, начиная с 1970-х гг., экономика стран Запада обуславливается прежде практически не встречавшимся постоянным ростом цен. Однако стагфляция помогает предотвратить ухудшение экономической ситуации на фазе рецессии и длительную депрессию. Благодаря активной антициклической политике, проводимой после Второй Мировой войны в развитых странах, последним в ходе экономических кризисов 1975 г., 1982 г. и начала 1990-х гг. удалось избежать повторения Великой депрессии 1929–1933 гг. Она произошла в период, когда развитые страны уже имели внутреннеденежную экономику, но деньги еще не были эндогенными.

Таким образом, анализ особенностей финансирования инвестиций на различных этапах развития рыночной экономики позволил нам сделать вывод о сущности влияния банковской системы на экономический рост. Это влияние базируется на взаимосвязи уровня монетизации экономики и темпов экономического роста. Недостаточность монетизации негативно отражается на инвестиционной активности. Расширение денежного предложения и, следовательно, повышение уровня монетизации экономики возможно путем эмиссии экзогенных или эндогенных денег.

В случае если уровень монетизации настолько низок, что денежных средств не хватает даже на обеспечение текущих расходов, эмиссия эндогенных денег не может выступать основным способом увеличения денежного предложения. В этом случае фирмы заменяют полноценные средства обращения денежными суррогатами, такими как бартер и неплатежи. Они дешевле, чем эндогенные деньги, так как не требуют уплаты банковского процента, и могут быть использованы для финансирования текущего производства. Однако в фазе подъема деловой активности, когда экономические агенты имеют достаточно средств для оплаты текущих расходов и предъявляют высокий спрос на финансовые источники инвестиций, а банковская система способна создавать деньги независимо от монетарной политики Центрального банка, выпуск эндогенных денег является альтернативой экзогенному расширению денежной массы и использованию денежных суррогатов. Преимуществом эндогенных денег является не только более высокая оперативность эмиссии при росте спроса на финансовые источники инвестиций, чем у экзогенных денег, но и то, что их выпуск осуществляется непосредственно для устранения дефицита средств для инвестиций. Эндогенные деньги эмитируются под конкретные инвестиционные проекты, прошедшие банковскую экспертизу и являющиеся рентабельными при сложившейся экономической конъюнктуре. Кроме того, эндогенные деньги плохо подходят для финансирования теневой экономики, так как не обладают качеством анонимности. Денежные суррогаты и наличность, входящая в экзогенную денежную массу, таким качеством обладают.

Таким образом, эволюция банковской системы существенно повысила роль последней в создании финансовых предпосылок экономического роста. Результатом этой эволюции является эндогенная денежная масса, которая позволяет банковской системе гибко реагировать на повышение спроса на деньги для инвестиций со стороны фирм в период экономического подъема и создает

условия для экономического роста. Чем выше уровень развития банковской системы, тем в большей степени объем денежной массы реагирует на изменения спроса на деньги. В экономике с недостаточно развитой банковской системой, неспособной эндогенно эмитировать деньги, стремление инвестировать может вызвать серьезные препятствия, поскольку объем кредитов ограничен монетарной политикой Центрального банка, и, следовательно, предложение денег не определяется спросом на них. Поэтому уровень развития банковской системы воздействует на динамику инвестиционных расходов, а значит, и на темпы экономического роста. В то же время, главным катализатором совершенствования банковской системы стало увеличение инвестиционной активности в рыночном хозяйстве. Следовательно, существует взаимное влияние динамики инвестиций и эволюции банковской системы в рыночной экономике.

Итак, в современной рыночной экономике сущность влияния банковской системы на экономический рост заключается в обеспечении ею за счет эндогенной эмиссии денег достаточного уровня монетизации экономики, который является одним из факторов, определяющих объем инвестиций в реальный сектор. Поэтому в основе разработки государственной программы развития банковской системы России должна лежать цель формирования способности у российских банков эндогенной эмиссии денег, которая позволит им повысить эффективность содействия экономическому росту.

Библиографический список

1. Arestis, P. Post-Keynesian Theory of Money, Credit and Finance / P. Arestis // Post-Keynesian Monetary Economics : New Approaches to Financial Modelling. Aldershot : Hants Press, 1988. P. 41–71.

2. Eichner, A. S. A Theory of the Determination of the Mark-Up Under Oligopoly / A. S. Eichner // Economic Journal. 1973. Vol. 83. P. 1184–1200.

3. Hicks, J. R. A Theory of Economic History / J. R. Hicks. Oxford : Clarendon Press, 1969. 181 p.

4. Goldsmith, R. W. Financial Structure and Development / R. W. Goldsmith. New Haven : Yale University Press, 1969. 561 p.

5. McKinnon, R. I. Money and Capital in Economic Development / R. I. McKinnon. Washington : Brookings Institution Press, 1973. 184 p.

6. Minsky, H. P. Stabilizing an Unstable Economy / H. P. Minsky. New Haven : Yale University Press, 1986. P. 210.

7. Robinson, J. The Generalization of the General Theory / J. Robinson // The Rate of Interest and other Essays. London : Macmillan Press, 1952. P. 29–53.

8. Осадчая, И. Эволюция кейнсианства в условиях «консервативного сдвига» / И. Осадчая // Мировая экономика и международные отношения. 1990. N. 9. С. 43–54.

E. P. Sevastyanova

EVOLUTION OF BANKING SYSTEM ROLE IN CREATION OF FINANCIAL CONDITIONS OF ECONOMIC GROWTH IN MARKET ECONOMY

The changes of banking system influence on economic growth during market economy evolution are considered and the essence of this influence in modern market economy is determined. It is shown that money endogenization, that is a result of banking system development, substantially extends possibilities of the market system to finance investments.

УДК 517.55

А. Ю. Семушева

ОБЛАСТИ СХОДИМОСТИ ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РЯДОВ В ТЕОРИИ МНОГООБРАЗИЙ КАЛАБИ – ЯУ

Рассмотрены примеры многообразий Калаби – Яу, вычисляются области сходимости гипергеометрических рядов, представляющих периоды этих многообразий.

Многообразия Калаби – Яу играют большую роль в современной математической физике (см., например, [1]). Они выделяются в классе комплексных аналитических многообразий тем, что их первый класс Черна тривиальный и среди голоморфных дифференциальных форм на них нетривиальными могут быть лишь формы максимальной степени, пространство которых одномерно. Удачные реализации многообразий Калаби – Яу были получены в виде гиперповерхностей (или полных пересечений) в торических многообразиях [2], в частности во взвешенных проективных пространствах.

Одной из основных задач в данной области является изучение фундаментального периода голоморфной формы максимальной степени на модульном семействе (деформации) фиксированного многообразия Калаби – Яу. Например, если многообразие Калаби – Яу M задано в виде гиперповерхности

$$M = \{y : P_0(y) = 0\}$$

во взвешенно-проективном пространстве $P^N_{(k_0,k_1,\dots,k_N)} = P^N_k$ с однородными координатами $y = (y_1, \dots, y_N)$, то рассматривается деформация полинома $P_0\,(y)$

$$P_\varphi\,(y) = P_0\,(y) - \varphi_0 y_0 y_1 \dots y_N + \sum_{\text{в}\in\text{В}} \varphi_\text{в} y^\text{в},$$

для которой коэффициенты φ_0 и $\varphi_\text{в}$ параметризуют комплексные структуры многообразия M. Фундаментальный период на многообразии M можно задать интегралом

$$H(\varphi) = -\frac{\varphi_0}{(2\pi i)^{N+1}} \int_\gamma \frac{dy_0 \dots dy_N}{P_\varphi(y)}, \ \varphi_0 > 1,$$

где контур интегрирования представляет собой декартово произведение $(N + 1)$ окружностей $|y_j| = 1$, $j = 0, 1, \dots, N$. Как функция на пространстве модулей этот период является гипергеометрической функцией, а именно: представляется рядом Горна, сходящимся для больших значений выделенного модуля φ_0. Процедура аналитического продолжения периода в другие области пространства модулей была описана в [3].

В данной статье мы рассмотрим два примера многообразий Калаби – Яу и вычислим области сходимости двойных гипергеометрических рядов, представляющих периоды этих многообразий.

Пример реализации многообразия Калаби – Яу в взвешенно-проективном пространстве. В соответствии с [3] рассмотрим многочлен

$$P(y) = y_0^7 + y_1^7 y_3 + y_3^3 + y_2^7 y_4 + y_4^3,$$

определяющий во взвешенном проективном пространстве $P^4_{(3,2,2,7,7)}$ гиперповерхность Калаби – Яу. В подходящих координатах x_1, x_2, которые мономиально выражаются через модули деформации поверхности, фундаментальный период гиперповерхности представляется рядом Горна

$$H_1(x_1, x_2) = \\ = \sum_{s_1, s_2 \ge 0} \frac{\Gamma(7s_1 + 3s_2 + 1)}{\Gamma^2(s_1+1)\Gamma^2(2s_1 + s_2 + 1)} x_1^{s_1} x_2^{s_2}, \quad (1)$$

где $x_1 = \varphi_0^{-7}$, $x_2 = \varphi_1 / \varphi_0^3$.

Теорема 1. Граница области сходимости ряда (1) задается параметризацией

$$(|x_1|, |x_2|) = (|\Psi_1(q_1, q_2)|, |\Psi_2(q_1, q_2)|),$$

$$q = (|q_1|, |q_2|) \in \Re^2_+ \setminus \{0,\}$$

где $\Psi_1(q_1, q_2) = \dfrac{q_1^{\,3}(2q_1 + q_2)^4}{(7q_1 + 3q_2)^7}$;

$\Psi_2(q_1, q_2) = \dfrac{q_2(2q_1 + q_2)^2}{(7q_1 + 3q_2)^3}$.

Для доказательства теоремы используется формула Коши – Адамара, формула Стирлинга и формула дополнения $\Gamma(z)\Gamma(1-z) = \pi / \sin \pi z$.

Граница области сходимости ряда (1) задается следующим уравнением:

$$7^7 |x_1|^3 - 3^3 \cdot 7^5 |x_1|^2 |x_2|^2 + 2^2 \cdot 3^3 |x_1|^2 |x_2| - \\ - 2^4 |x_1|^2 + 2 \cdot 3^6 \cdot 7^2 |x_1| |x_2|^4 - \\ - 3^3 \cdot 5^2 |x_1| |x_2|^3 + 2^3 |x_1| |x_2|^2 + 3^9 |x_2|^7 - \\ - 3^7 |x_2|^6 + 3^4 |x_2|^5 - |x_2|^4 = 0. \quad (2)$$

Это уравнение получается исключением параметров q_1, q_2 (точнее, параметра $t := \frac{q_2}{q_1}$ ввиду однородности степени нуль параметризации $\Psi(q)$) из параметризации Горна – Капранова

$$\left\{ |x_1| = \frac{q_1^3(2q_1+q_2)^4}{(7q_1+3q_2)^7}, |x_2| = \frac{q_2(2q_1+q_2)^2}{(7q_1+3q_2)^3} \right..$$

Отметим, что если в уравнении (2) убрать знаки модуля, то мы получим уравнение сингулярной комплексной кривой для суммы ряда (1).

Область сходимости ряда (1) может быть представлена графически (рис. 1). Параметризация границы области сходимости, указанная в теореме 1, в логарифмической шкале (рис. 2) представляет собой кусок кривой гиперболического типа, асимптоты которой параллельны координатным осям, а вообще на рис. 2 изображена амеба сингулярной кривой для многозначной функции, определенной аналитическим элементом – рядом (1).

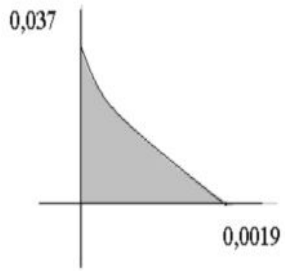


Рис. 1

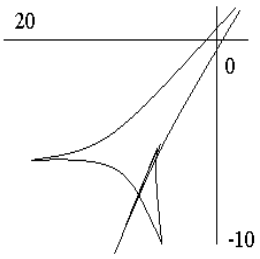


Рис. 2

Ряд (1) допускает представление в виде интеграла Меллина – Барнса [4]

$$\Phi(x_1, x_2) = \frac{1}{(2\pi i)^2} \int \frac{\Gamma(z_1)\Gamma(z_2)\Gamma(-7z_1-3z_2+1)}{\Gamma^2(-z_1+1)\Gamma^2(-2z_1-z_2+1)} \times$$
$$\times (-x_1)^{z_1}(-x_2)^{z_2}\, dz_1 dz_2, \qquad (3)$$

где γ – любая точка из треугольника $\{\tau \in R^2 : \tau_1 > 0, \tau_2 > 0, 7\tau_1 + 3\tau_2 < 1\}$.

Для интеграла (3) существуют три формулы его вычисления в виде рядов из вычетов [4]. Один из этих рядов совпадает с формулой (1), два других выписываются следующим образом:

$$H_2(x_1, x_2) = \frac{(-x_2)^{-1/3}}{3} \times$$
$$\times \sum_{s_1, s_2 \ge 0} \frac{\Gamma\left(\frac{1}{3}s_1 + \frac{7}{3}s_2 + 1\right) e^{\pi i\left(\frac{2}{3}s_1 - \frac{7}{3}s_2\right)}}{(s_1)!(s_2)!\Gamma^2(s_2+1)\Gamma^2\left(-\frac{1}{3}s_1 - \frac{1}{3}s_2 + \frac{2}{3}\right)} \times$$
$$\times \left(\frac{1}{x_2^{1/3}}\right)^{s_1} \left(\frac{x_1}{x_2^{7/3}}\right)^{s_2} \qquad (4)$$

$$H_3(x_1, x_2) = \frac{(-x_1)^{-1/7}}{7} \times$$
$$\times \sum_{s_1, s_2 \ge 0} \frac{\Gamma\left(\frac{3}{7}s_1 + \frac{1}{7}s_2 + 1\right) e^{\pi i\left(\frac{6}{7}s_2 - \frac{3}{7}s_1\right)}}{(s_1)!(s_2)!\Gamma^2\left(-\frac{3}{7}s_1 - \frac{1}{7}s_2 + \frac{6}{7}\right)\Gamma^2\left(\frac{1}{7}s_1 - \frac{2}{7}s_2 + \frac{5}{7}\right)} \times$$
$$\times \left(\frac{x_2}{x_2^{\frac{3}{7}}}\right)^{s_1} \left(\frac{1}{x_1^{\frac{1}{7}}}\right)^{s_2}. \qquad (5)$$

Ряды (4) и (5) являются аналитическим продолжением фундаментального периода (1) или интеграла (3).

Характерной чертой для ряда (4), равно как и для ряда (1), является то, что аргументами гамма-функций в них являются линейные функции с коэффициентами одного знака при s_1 и s_2. В результате вычислений получается следующая формула параметризации для границы области сходимости ряда (4):

$$(|x_1|, |x_2|) = \left(\frac{q_1}{\left(\frac{1}{3}q_1 + \frac{7}{3}q_2\right)^{1/3}\left(\frac{1}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_2\right)^{2/3}}, \frac{q_2^3}{\left(\frac{1}{3}q_1 + \frac{7}{3}q_2\right)^{7/3}\left(\frac{1}{3}q_1 + \frac{1}{3}q_2\right)^{2/3}} \right).$$

Приведем изображения амебы сингулярной кривой для многозначной функции, определяемой интегралом (3) или рядами (1), (4), (5) в координатах $t_1 = \frac{1}{x_2^{1/3}}$, $t_2 = \frac{x_1}{x_2^{7/3}}$ и $t_1 = \frac{x_2}{x_1^{3/7}}$, $t_2 = \frac{1}{x_1^{1/7}}$ (рис. 3, 4).

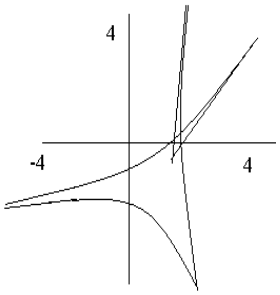


Рис. 3

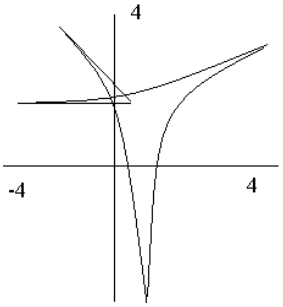


Рис. 4

Пример реализации гиперповерхности Калаби – Яу в торическом многообразии. В работе [4] приведена реализация трехмерного многообразия Калаби – Яу в соответствующем торическом многообразии X размерности 4. В координатах y_1, y_2, y_3, y_4 всюду плотного в X комплексного тора T^4 деформация этого многообразия задается нулями полинома

$$P_\varphi = -1 + y_1 + \ldots + y_4 + \varphi_0 (y_1 y_2 y_3)^{-1} + \varphi_1 \left(y_4^{-1} y_1 y_2 \right)$$

Там вычислен фундаментальный период в виде гипергеометрического ряда Горна:

$$H_1(x_1, x_2) = \sum_{s_1, s_2 \geq 0} \frac{\Gamma(4s_1 + 4s_2 + 1)}{\Gamma^2(s_1 + s_2 + 1)(s_1!)^2 (s_2!)} x_1^{s_1} x_2^{s_2}, \quad (6)$$

где $x_1 = \varphi_0; x_2 = \varphi_0 \varphi_1$. Заметим, что граница области сходимости ряда (6) выписывается в виде

$$|x_1|^2 + |x_2|^2 - \frac{2}{4}|x_1| -$$

$$-2|x| \cdot |x_2| - \frac{2}{4^4}|x_2| + \frac{1}{4^8} = 0.$$

Область сходимости ряда (6) представим графически (рис. 5), а также изобразим амебу для сингулярного множества этого ряда (рис. 6), причем затемненная компонента дополнения этой амебы и есть область сходимости ряда (6) в логарифмических координатах.

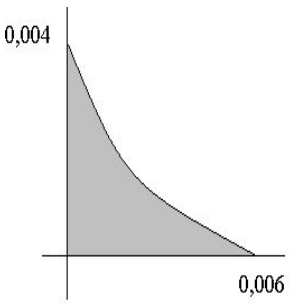


Рис. 5

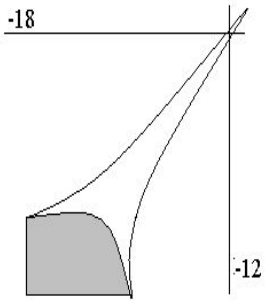


Рис. 6

Таким образом, общий результат Горна об областях сходимости гипергеометрических рядов не дает полной информации о рядах, встречающихся во многих приложениях, в частности в теории суперструн. Это ряды, представляющие фундаментальные периоды на многообразиях Калаби – Яу. В данной статье рассмотрены именно такие примеры многообразий Калаби – Яу и вычислены их области сходимости.

Библиографический список

1. Berglund, P. Mirror symmetry for Calabi – Yau hypersurfaces in weighted T^4 and extensions of Landau – Ginzburg theory / P. Berglund, P. Candelas, X. de la Ossa et al // Nucl. Phys. Vol. B419. 1994. P. 352.

2. Batyrev, V. V. Conifold transsition and mirror symmetry for Calabi – Yau complete intersection in Grassmanians / V. V. Batyrev, I. Ciocan-Tontanine, B. Kim, D. van Straten // Nucl. Phys. Vol. B514. 1998. № 3. P. 640–666.

3. Пассаре, М. Кратные интегралы Меллина – Барнса как периоды многообразий Калаби – Яу с несколькими модулями / М. Пассаре, А. К. Цих, А. А. Чешель // Теорет. и математ. физика. 1996. Т. 109, № 3. С. 381–394.

4. Batyrev, V. V. Variations of the mized Hodge structure of affine hypersurface in algebraic tori / V. V. Batyrev // Duke Math. J. Vol. 69. 1993. P. 349–409.

A. Yu. Semusheva

CONVERGENCE DOMAINS OF HYPERGEOMETRIC SERIES IN MANIFOLDS OF KALABY – YAU THEORY

The examples of manifold Calabi – Yau diversity are shown and convergence domains of hypergeometric series presenting the periods of this diversity are calculated.

УДК 621.777:669.716

С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Ю. А. Горбунов, Д. Ю. Горбунов, Е. С. Лопатина, Р. Е. Соколов

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ СИЛУМИНОВ

Приведены результаты исследований новых технологий производства горяче- и холоднодеформированных изделий из заготовок алюминиево-кремниевых сплавов, полученных различными видами литья. Показано, что применение комбинированных методов обработки таких сплавов дает возможность получать полуфабрикаты и изделия с требуемым уровнем механических характеристик.

Алюминиево-кремниевые сплавы (силумины), обладающие структурной стабильностью в широком диапазоне температур эксплуатации, приемлемым уровнем физико-механических и коррозионных характеристик, а также хорошей износостойкостью, могут представлять интерес для различных отраслей промышленности не только в виде литых изделий, но и виде деформированных полуфабрикатов. Так, например, замена медных изделий на алюминиевые в большинстве конструкций теплообменных аппаратов, применяемых в теплоэнергетике и автомобильной промышленности, почти в три раза снижает затраты на основные материалы для изготовления этих аппаратов при сохранении высокого уровня теплофизических характеристик. Область применения деформированных изделий из силуминов с содержанием кремния 12…13 % может быть расширена за счет их применения для изготовления тонкостенных труб и листового проката, необходимых для изготовления автомобильных теплообменников, а также сварочной проволоки, используемой для пайки, например, волноводов в космической отрасли.

В настоящее время, несмотря на достаточно большое количество научных публикаций по проблемам глубокой переработки силуминов, состав освоенных алюминиево-кремниевых сплавов и технологий производства из них деформированных полуфабрикатов крайне ограничен и относится к узкоспециализированным направлениям развития промышленности. В основном это связано с их низкой пластичностью при традиционных методах литья и ограниченной информацией о технологических возможностях модифицирования расплавов и применения операций термообработки в сочетании холодной и горячей пластической деформацией металла.

В связи с этим в последнее время ведется интенсивный поиск новых алюминиево-кремниевых сплавов с различным содержанием легирующих элементов и технологий производства различных деформируемых полуфабрикатов и изделий из них.

В данной статье рассмотрены два варианта разработанных технологий для производства деформированных полуфабрикатов из сплава АК12. Первый вариант предусматривает применение полунепрерывного литья слитков больших размеров с комплексным модифицированием, горячую и холодную деформацию металла с промежуточной термообработкой, второй вариант – получение заготовки небольшого поперечного сечения в электромагнитном кристаллизаторе и использование для деформации металла операций совмещенной прокатки-прессования (СПП) [1] и последующего волочения.

Для реализации первого варианта технологии на экспериментальном участке научно-технического центра ООО «Красноярский металлургический завод» путем полунепрерывного литья в металлический кокиль получены заготовки, на которых проведена оценка наиболее приемлемой концентрации элементов-модификаторов, изучено влияние температурно-скоростных параметров литья сплошных слитков различных размеров и параметров отжига на их структуру и физико-механические свойства [2]. В соответствии с разработанной технологией заготовки из сплава АК12 диаметром 100 мм подвергали горячему прессованию на гидравлическом прессе усилием 2 МН с целью получения прутков диаметром 8 мм. Исследования механических свойств полученных прутков (временного сопротивления разрыву, предела текучести, относительного удлинения) дали следующие результаты: $\sigma_в$ = 179…198 МПа; $\sigma_{0,2}$ = 102…117 МПа; δ = 25…30 % (рис. 1). Далее проводили отжиг в интервале температур 300…550°С с одинаковой выдержкой, равной 2 ч. После выдержки при заданной температуре образцы прутков охлаждали на воздухе и проводили испытания методом одноосного растяжения.

С увеличением температуры отжига временное сопротивление разрыву материала падает на 20 %, однако пластические свойства, полученные после отжига, как при температуре 350 °С, так и при температуре 550°С отличаются менее чем на 1 %. Поэтому для реализации технологии был рекомендован интервал температур отжига горячедеформированных полуфабрикатов в диапазоне 380…420°С.

Далее получали проволоку диаметром от 2,0 до 1,4 мм путем холодного многократного волочения. Проведение промежуточных отжигов холоднодеформированных полуфабрикатов пока-

зало, что прочностные показатели (временное сопротивление разрыву, предел текучести) снижаются на 30…40 %, а пластичность увеличивается практически в два раза (табл. 1).

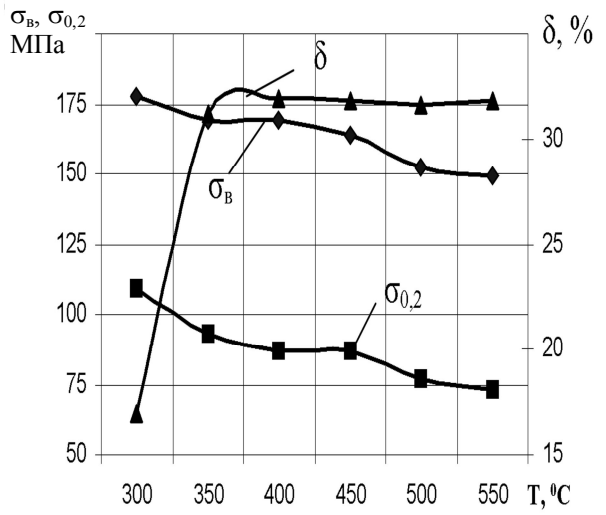


Рис. 1. Влияние температуры отжига на механические характеристики прутков из сплава АК12

В результате проведения работ были получены опытно-промышленные партии проволоки диаметром 2,0 и 1,6 мм общим весом 235 кг, которые в нагартованном состоянии характеризовалась следующими механическими свойствами: $\sigma_в$ = 259…265,6 МПа; $\sigma_{0,2}$ = 238…242,9МПа; δ = 4,2…6,4. Эти партии проволоки были переданы для проведения испытаний ФГУП «Научно-производственное объединение Прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева» (г. Железногорск) и ОАО «Бугурусланский завод „Радиатор“» (г. Бугуруслан). Использование проволоки диаметром 1,6 мм в качестве припоя (сварочной проволоки) для изготовления паяных волноводов летательных аппаратов из сплава АК12 показало, что полученные образцы полностью удовлетворяют требованиям конструкторской документации.

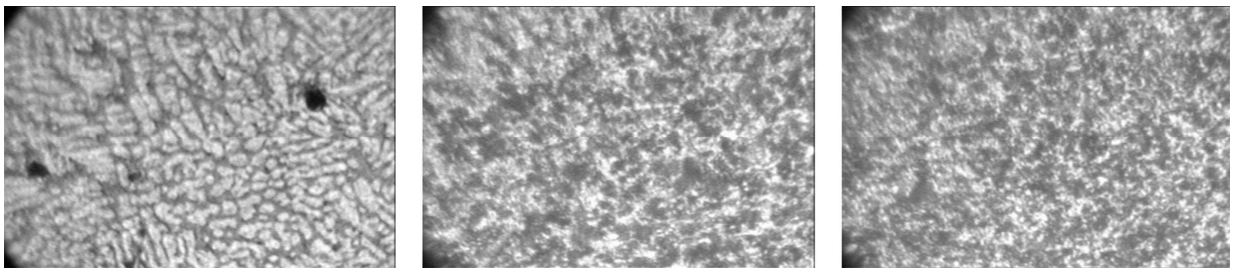
Второй вариант технологии производства деформированных полуфабрикатов из сплава АК12 позволяет существенно снизить трудо- и энергоемкость получения сварочной проволоки за счет сокращения циклов обработки и применения новых видов деформации металла, основанных на использовании метода литья в электромагнитный кристаллизатор специальной конструкции [3]. С помощью этого метода получали заготовку диаметром 15 мм. Далее ее обрабатывали на лабораторной установке СПП-200 с начальным диаметром валков 200 мм и мощностью приводного электродвигателя 40 кВт [1]. Температуру нагрева заготовок (450…480 °С) контролировали хромель-алюмелевой термопарой и потенциометром. Одновременно осуществляли нагрев валков до максимальной температуры 200 °С при помощи специальной печи, выполненной в виде кожуха по форме валков, который снабжен нихромовыми нагревателями. После нагрева заготовок и валков до необходимой температуры валки установки вращали со скоростью 4 об/мин и подавали нагретые заготовки в зону прокатки. Далее металл попадал в калибр и достигал матрицы, смонтированной на матрицедержателе, причем матрица с помощью клинового устройства была плотно поджата к валкам снизу и полностью перекрывала калибр. Металл осаживался перед матрицей, заполнял калибр в зоне распрессовки и выдавливался через канал матрицы в виде прутка диаметром 9 мм. Замеренная при этом месдозами сила прессования составила 143,9 кН, а сила, действующая на валки, оказалась равной 160,2 кН. Для получения прутков большой длины осуществляли последовательную подачу нескольких заготовок, при этом происходила их сварка в очаге деформации. Далее проводили волочение проволоки до заданного размера на волочильном стане.

Механические свойства литых заготовок, прутков и проволоки определяли методом испытания на растяжение. Полученные данные по условному пределу текучести $\sigma_{0,2}$, временному сопротивлению разрыву $\sigma_в$ и относительному удлинению δ сплава представлены в табл. 2. Анализ результатов исследований показал, что уже на стадии производства литой заготовки получена мелкозернистая структура (см. рис. 2), а величины прочностных и пластических характеристик (табл. 2) значительно превышают аналогичные характеристики обычных литых сплавов системы Al–Si–Mg.

Таблица 1

Механические свойства прутков из сплава АК12 в холоднодеформированном и отожженном состоянии (*T* = 400°С, время выдержки *t* = 2 ч)

Состояние материала	Суммарная деформация, $\ln\lambda_\Sigma$	Механические свойства		
		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %
Холоднодеформированное	1,39	246,8	222,9	6,7
Отожженное		181,3	168,2	13,2
Холоднодеформированное	2,54	251,9	226,7	6,1
Отожженное		188,4	171,7	12,8



а *б* *в*

Рис. 2. Микроструктура (Ч3) литой заготовки (*а*), прутка после прессования (*б*) и проволоки из сплава АК12 после волочения (*в*)

Таблица 2

Механические свойства литой заготовки, прутка и проволоки из сплава АК12

Состояние материала	Диаметр, мм	Механические свойства		
		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %
Литое	15	290,8	138,7	14,8
Горячепрессованное	9	201,1	112,5	20,2
Холоднодеформированное	2	445,6	–	6,8
Отожженное	2	235,6	222,9	7,3
Холоднодеформированное	1,6	497,3	–	5,2
Холоднодеформированное	1,4	519,7	–	3,8

Горячая обработка такой литой заготовки методом совмещенной прокатки-прессования протекала устойчиво и без образования дефектов с достаточно большими степенями деформации, а последующее волочение дало возможность получать проволоку с заданным уровнем механических свойств здесь варьирования режимами отжига (см. табл. 2). Специалистами Научно-производственного объединения Прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева подтверждено, что сварочная проволока из сплава АК12, изготовленная с использованием новой технологии совмещенной прокатки-прессования, соответствует ТУ 1-808-274–2003 и может применяться для пайки волноводных трактов из алюминиевых сплавов.

Таким образом, исследования показали, что разработанные авторами варианты технологии получения проволоки из алюминиево-кремниевых сплавов можно применять как на крупных металлургических предприятиях, так и на мини-заводах [4] с использованием оборудования для совмещенной прокатки-прессования небольших габаритных размеров и мощности.

Библиографический список

1. Сидельников, С. Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: моногр. / С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Н. Н. Загиров. М.: МАКС-Пресс, 2005. 344 с.

2. Горбунов, Д. Ю. Исследование параметров деформации модифицированных алюминиево-кремниевых сплавов и механических свойств тонкостенных холоднодеформированных полуфабрикатов из них / Д. Ю. Горбунов, Г. В. Ровенский, Т. В. Стайнова // Технология легких сплавов. 2004. № 6. С. 29–32.

3. Пат. на полезную модель 48836 Российская Федерация. Устройство для непрерывного литья слитков в электромагнитном поле / М. В. Первухин, В. Н. Тимофеев, Р. М. Христинич и др Опубл. 10.11.05, Бюл. № 31.

4. Горбунов, Ю. А. Мини-заводы по производству длинномерных изделий из цветных металлов и сплавов / Ю. А. Горбунов, Н. Н. Довженко, С. Б. Сидельников // Достижения науки и техники – развитию сибирских регионов : материалы Второй всерос. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. техн. ун-т. Красноярск, 2000. Ч. 3. С. 234–237.

S. B. Sidelnikov, N. N. Dovzhenko, Yu. A. Gorbunov, D. Y. Gorbunov, E. S. Lopatina, R. E. Sokolov

DESIGNING OF NEW TECHNOLOGIES FOR COMBINED PROCESSING OF THE ALUMINIUM-SILICON ALLOYS

The results of explorations of new «know-how» of hot and hard-wrought products from stock materials of the aluminum-silicon alloys received by various aspects of casting are given. It is shown that application of the combined processing methods of such alloys enables to gain semi manufactured materials and products with a required level of speed-torque characteristics.

УДК 621.777

С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Р. Е. Соколов, А. С. Пещанский, С. А. Плетюхин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЫХ ПРОФИЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ ОБРАБОТКИ

Дана методика автоматизации проектирования процесса совмещенной прокатки-прессования для получения полых сварных профилей из цветных металлов и сплавов. Приведены описания подсистемы системы автоматического проектирования и примеры проектирования технологии и инструмента с ее помощью.

В последнее время все большее развитие получают процессы комбинированной обработки цветных металлов и сплавов [1], в качестве которых для формоизменения заготовки в одном очаге деформации могут использоваться такие операции, как прокатка, прессование, волочение и др. Одним из самых перспективных методов для изготовления сплошных и полых профилей небольшого поперечного сечения является процесс совмещенной прокатки-прессования (СПП). С его помощью, например, из алюминиевых сплавов можно получать полые профили по технологической схеме со сваркой в очаге деформации как с использованием варианта получения труб из одной заготовки [2], так и из двух [3]. При этом вопросы проектирования технологии и инструмента остаются практически неохваченными, что значительно затрудняет промышленное использование этих методов обработки для получения полых профилей небольших размеров для радиаторных трубок, полых профилей для систем охлаждения холодильных установок, волноводов и т. п.

В данной статье приведены методика проектирования инструмента для совмещенной прокатки-прессования полых профилей и описание программного обеспечения для их расчетов.

Для проектирования инструмента следует подготовить технологическую информацию, определить возможность устойчивого протекания (реализуемость) процесса, произвести расчет энергосиловых параметров. Исходя из этого, методику проектирования можно представить в виде следующей последовательности действий:

– проектирование валкового инструмента;
– назначение предварительных размеров матрицы;
– проектирование рассекателя;
– проектирование матрицы;
– корректировка размеров калибра;
– расчет усилий деформации;
– проверка реализуемости процесса.

На первом этапе проектирования задают основные параметры валкового инструмента. При этом выбирают прокатный стан (установку СПП), а затем, исходя из его характеристик (диаметра валков, мощности приводного электродвигателя и др.), задают предварительные размеры заготовки и матрицы. Далее определяют размеры валков и калибра, в том числе диаметры валков по выступу и врезу, а также по бочке валков, после чего назначают относительное обжатие при прокатке, которое должно быть не менее 50 %.

На втором этапе проектируют прессовый инструмент, при этом выбирают размеры поперечного сечения зеркала матрицы с учетом высоты калибра и ее удаление от общей оси валков. Далее задают диаметр ее калибрующего отверстия, количество каналов, размеры сварной камеры, производят размещение профиля на зеркале матрицы и рассчитывают коэффициент вытяжки (как правило, для рассматриваемых комбинированных процессов характерно одноканальное прессование). Затем конструируется рассекатель, при этом выбирают его тип, размеры и форму питающих каналов, как и при обычном проектировании инструмента при традиционном прямом прессовании полых профилей [4].

На третьем этапе корректируют размеры калибра в соответствии со спроектированным прессовым инструментом и окончательно рассчитывают все технологические параметры деформации и энергосиловые характеристики процесса. Полное усилие прессования находят по формуле [4]

$$P_{\text{пр}} = P_1 + \mu_{\text{кан}} \cdot P_2 ,$$

где P_1 – усилие для прессования металла в каналы рассекателя; $м_{\text{кан}}$ – значение вытяжки в каналах рассекателя; P_2 – усилие для прессования металла из камеры сварки в калибрующее отверстие матрицы.

На последнем этапе проводят оценку реализуемости (устойчивости) процесса по методике [1] и, в случае необходимости, повторяют этап проектирования, изменив технологические параметры процесса (обжатие при прокатке, вытяжку при прессовании и т. д.). Для окончательного варианта рассчитывают все энергосиловые параметры (подводимые валками усилия, составляющие усилия прессования) [1].

Данная методика легла в основу алгоритма подсистемы проектирования инструмента и технологии для получения полых профилей (рис. 1), при этом программная составляющая подсистемы реализована с помощью средств разработки Borland Delphi 7.0. Интерфейс подсистемы стоится по принципу мастера, т. е. пользователь работает с закладками, последовательно переходя от одной к другой, вводя и видоизменяя данные (рис. 2).

Рис. 1. Структурная схема подсистемы САПР «INPRESS»

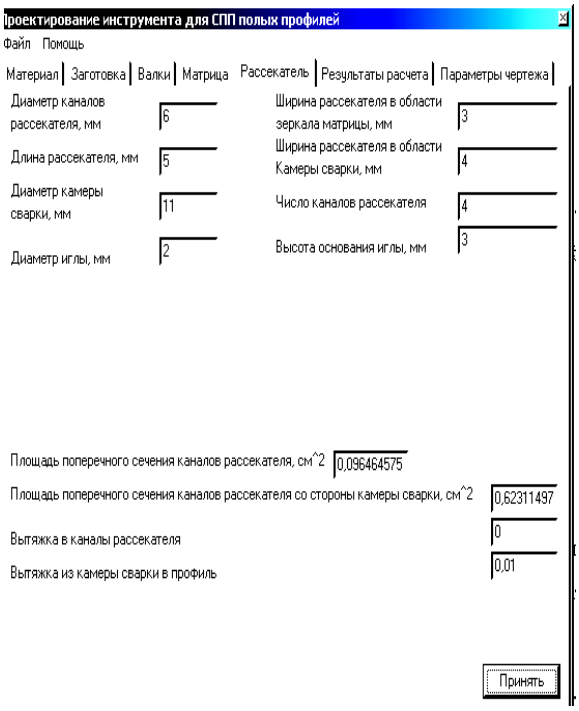


Рис. 2. Пример интерфейса подсистемы

Таким образом, созданная подсистема, которая является составной частью САПР «INPRESS» [5], позволяет рассчитать параметры валкового и прессового инструмента (рис. 3), определить усилие деформации, провести проверку реализуемости процесса (рис. 4) и, передав графические объекты в систему AutoCAD, оформить рабочие чертежи инструмента.

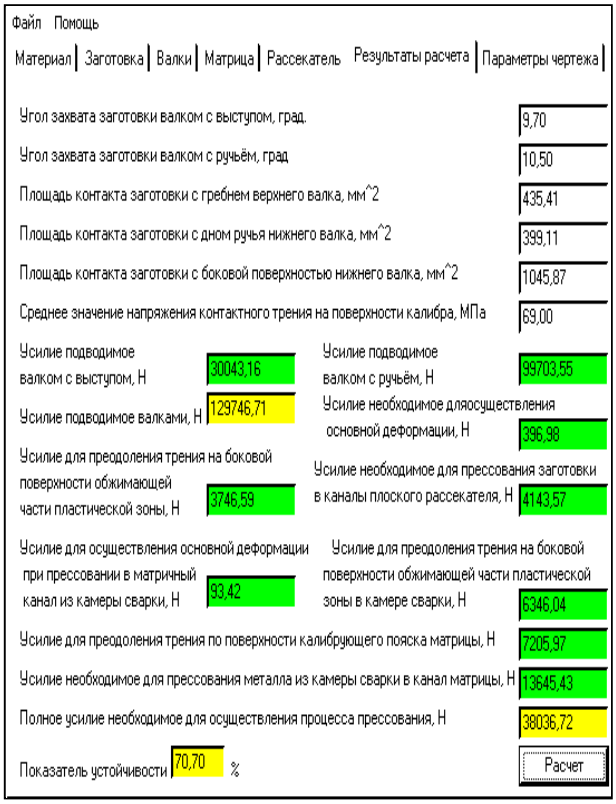


Рис. 3. Пример проектирования матрицы

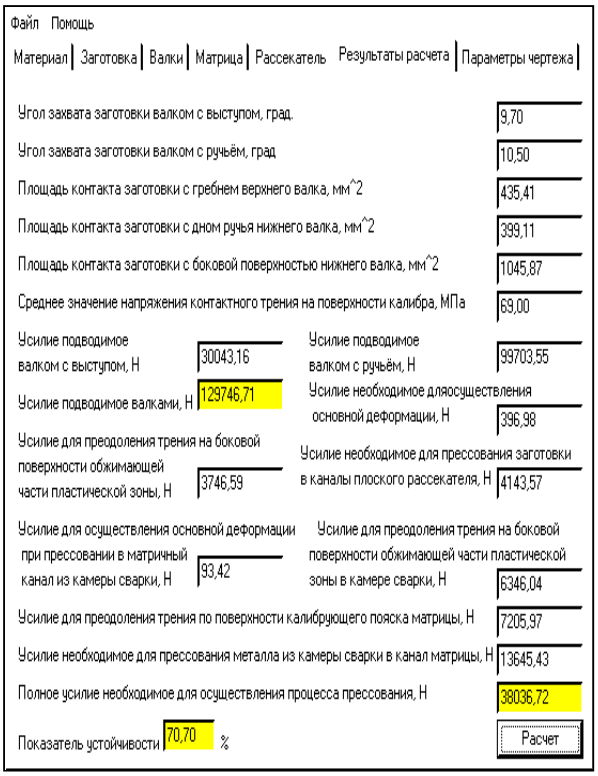


Рис. 4. Пример расчета усилия деформации и проверки устойчивости процесса

Библиографический список

1. Сидельников, С. Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: моногр. / С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, Н. Н. Загиров. М. : МАКС-Пресс, 2005. 344 с.

2. А. с. 1667979 СССР, МПК^5 В 21 С 25 / 08, 25 / 00. Инструмент для прессования изделий из алюминиевых сплавов / В. Н. Корнилов, С. Б. Сидельников, В. Н. Алферов и др. Заявл. 13.03.89 ; опубл. 07.08.91, Бюл. № 29.

3. Пат. 2100113 Российская Федерация, МПК^6 В 21 С 23 / 08. Устройство для непрерывного прессования труб / С. Б. Сидельников, Н. Н. Довженко, А. В. Ешкин и др. Заявл. 05.01.96 ; опубл. 27.12.97, Бюл. № 36.

4. Гильденгорн, М. С. Прессование со сваркой полых изделий из алюминиевых сплавов / М. С. Гильденгорн, В. Н. Керов, Г. А. Кривонос. М. : Металлургия, 1972. 240 с.

5. Довженко, Н. Н. Система автоматизированного проектирования технологии прессования металлов. Научное методическое обеспечение : моногр. / Н. Н. Довженко, С. Б. Сидельников, Г. И. Васина ; Гос. акад. цв. металлов и золота. Красноярск, 2000. 196 с.

S. B. Sidelnikov, N. N. Dovzhenko, R. E. Sokolov, A. S. Petshansky, S. A. Pletykhin

DESIGNING OF TOOL AND TECHNOLOGY FOR PRODUCING HOLLOW WELDED STRUCTURES BY COMBINED METHODS

The technique of automation of designing of combined rolls pressing process for reception of hollow welded structures from nonferrous metals and alloys is given. The description of a subsystem of the automated designing system is resulted and examples of technology and tool designing with its help are given.

УДК 338.242

Е. Н. Сочнева

ФОРМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛИТИКИ СОЦИАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВА

Раскрыт генезис социального государства, показаны его критерии, обобщены различные классификации моделей социального государства. На основе этого определена наиболее вероятная модель развития социальной экономики России.

Согласно Конституции РФ, Россия с 1993 г. является страной с социально ориентированной экономикой. Наша страна не первая, кто провозгласил себя социальным государством. В мировой практике накоплен значительный опыт становления и развития социальных государств, отображены общие закономерности и выделены определенные модели социальных экономик. Цель данного исследования – определить российскую модель социальной рыночной экономики на основе опыта зарубежных государств.

Понятие «социальное государство» было введено в науку в 1850 г. Л. Штайном, который подчеркивал, что социальное государство обязано поддерживать абсолютное равенство в правах для всех общественных классов и для отдельной самоопределяющейся личности посредством своей власти, а также способствовать экономическому и общественному прогрессу всех своих граждан. Иными словами, исходным критерием выделения социального государства в особый тип становится распространение заботы на всех членов общества независимо от их социальной принадлежности.

В 80-е гг. XIX в. в Германии наряду с термином «социальное государство» появляется и другой термин – «государство благоденствия», понимаемый как государство, политика которого направлена на улучшение жизни всех граждан. Эти два термина в тот период выражают одно понятие и не конкурируют друг с другом. Главным для них является наделение граждан социальными правами, а государство – социальной ответственностью.

Реальным воплощением новых качеств государства стали широкое повсеместное внедрение государственного социального страхования, обеспечение социального равенства, создание и бюджетное финансирование государственной социальной помощи и отдельных социальных программ. Так, в Германии впервые вводится государственное социальное страхование от несчастных случаев на производстве (1871 г.), финансирование медицинской помощи (1880 г.), пособия по болезни (1883 г.), обязательное пенсионное страхование (1910 г.). В России первый социальный закон появился в 1886 г. «О бесплатном медицинском обслуживании фабрично-заводских рабочих», в 1912 г. было введено страхование по болезни и от несчастных случаев на производстве, в ноябре 1917 г. изданы декреты о страховании от безработицы; о бесплатной медицинской помощи; о пособиях по болезни, родам и смерти [1].

Впервые в истории термин «социальное рыночное хозяйство» и основные характеристики этого феномена были изложены в работе А. Мюллера-Армака «Регулирование экономики и рыночное хозяйство» (1947). Популярность новой теории, пытавшейся соединить рыночную экономику и социальную направленность системы, была высочайшей [2].

Дело в том, что мировой кризис 1929–1933 гг. показал неэффективность саморегулирования рыночной экономики. В этой обстановке в среде экономистов стали складываться два подхода, каждый из которых претендовал на главенствующее положение в объяснении дальнейшего развития рынка: кейнсианство и неолиберализм. Сторонники первого обосновывали необходимость государственного регулирования экономики; другие пытались переосмыслить и усовершенствовать взгляды неоклассической школы применительно к новым реалиям.

Особенно часто неолибералы ссылались на авторитет А. Смита, родоначальника классического либерализма, и его идею «невидимой руки». Подобно представителям классического экономического либерализма, представители теории «социального рыночного хозяйства» считали, что совершенная конкуренция создает наиболее адекватный механизм экономической активности, так как способствует формированию такой системы цен (на основе соотношения спроса и предложения), которая наиболее рационально распределяет ресурсы между субъектами хозяйствования и удовлетворяет потребности общества в материальных благах и услугах.

Среди течений неолиберализма наибольшую популярность и известность получило учение германской школы. Основу этого направления составила группа экономистов, социологов и юристов во главе с заведующим кафедрой политической экономии Фрайбургского университета Вальтером Ойкеном (1891–1950). Поэтому эта разновидность неолиберализма и получила соответствующее наименование Фрайбургской школы (Ф. Бсм, Х. Гросман-Дерт, Л. Рюстов, В. Репке и др.) [4].

Неолибералы видели основной источник бед современного рыночного общества в монополизации экономики, подрыве атрибутов совершенной конкуренции. Они считали свободный рынок

наиболее эффективной и соответствующей природе человека системой. Однако если их предшественники – классики – верили в автоматизм рынка как регулятора производства и обмена посредством самовоспроизводящейся системы отношений, то неолибералы подошли к обоснованию необходимости регулирования механизма конкуренции. Основная проблема, по мнению неолибералов, заключается в том, что конкуренция не может постоянно воспроизводиться, поскольку в результате ее осуществления выживает сильнейший, который с течением времени превращается в монополиста. Поэтому следует спасать и сохранять конкуренцию методами сознательного государственного регулирования. Под сильным в этом учении понимается такое государство, которое способно противостоять монополизации экономики, влиянию объединений и организаций.

Для того чтобы государственная экономическая политика не разрушила механизм конкуренции, она должна отвечать определенным принципам, к которым В. Ойкен относил следующие: система цен, неподверженная государственному влиянию; приоритет денежной политики, препятствующей искажению рыночных процессов; открытые рынки; частная собственность как основа индивидуальной свободы и координации рынка; свобода заключения договоров; стабильность экономической политики; контроль за монополиями; ликвидация негативных социальных последствий функционирования рынка; политика перераспределения доходов.

Еще одна важная особенность немецкого либерализма заключается в том, что он обращает особое внимание на институциональные условия, в которых осуществляется хозяйственная деятельность, и пытается найти их оптимальный предел. При этом под общими институциональными условиями понимались правила и нормы, которые ограничивают индивидуальную экономическую деятельность. Сюда включаются конституционные, правовые, организационные нормы и правила, а также обычаи и нравы, с которыми считаются все хозяйствующие субъекты. Они способствуют упорядоченности и постоянству хозяйственной деятельности. В этом контексте ключевым аспектом немецкого неолибсрализма был порядок в экономических отношениях. Причем не стихийный, а сознательно и целенаправленно формируемый и реализуемый посредством государственных мероприятий. Вместе с тем система правил и регулирующих мер не только не должна сдерживать рынок, но и не должна противодействовать ему. Кроме этого, «политика порядка» была призвана координировать интересы субъектов хозяйствования с целью снятия противоречий между индивидуальным поведением и общественными интересами.

Реализация теоретической концепции новой экономической системы на практике началась с денежной реформы Л. Эрхарда в июне 1948 г., а последней крупной сферой, освобожденной от централизованного управления стало жилищное хозяйство (1961). Формирование модели социального рыночного хозяйства совпало по времени с восходящей фазой экономического цикла, бурным развитием промышленно-торговой палаты (ПТП), благоприятными либеральными тенденциями в мировой торговле для ориентированной на экспорт германской экономики.

Более чем пятидесятилетний период развития указанной модели рыночной экономики позволяет констатировать две ее модификации. Оценить их однозначно просто невозможно. С одной стороны, они придавали гибкость и большую устойчивость немецкой экономике; с другой – вносили чуждые рынку принципы, которые могли исказить саму его суть.

Первая модификация произошла в 1960-е гг. в условиях снижения экономической конъюнктуры и быстрого роста безработицы, которой не было в Германии почти 15 лет, что обусловило необходимость расширения государственного вмешательства в экономическую систему с использованием неокейнсианских положений. Это явление получило название «просвещенное рыночное хозяйство». Государство перестало рассчитывать на рыночные силы и начало стимулировать экономический рост посредством преимущественно фискальной политики. Одновременно принципиально свободный социальный порядок заменялся широкой патерналистской социальной политикой.

В результате подобной политики произошла сближение государства со скандинавской моделью тотального «государства всеобщего благосостояния», а также возникли огромные размеры перераспределяемого валового внутреннего продукта (ВВП) и высокие социальные расходы. Социал-демократическое правительство ФРГ не смогло стабилизировать экономическую конъюнктуру. Существовавшие проблемы не были решены, зато появились новые, которые породили глубочайший кризис государственных финансов.

Вторая модификация социального рыночного хозяйства возникает после 1982 г. под влиянием идей «рейганомики» и «тэтчеризма». Немцы на этот раз не придумывали ничего нового, просто произошел возврат к исходной ордолиберальной модели, но на новом, более высоком уровне развития, с учетом опыта неокейнсианского глобального регулирования I960–1970-х гг., а главное, на основе осознания проблемы чрезмерных государственных расходов.

На сегодняшний день можно сказать, что социально ориентированная рыночная экономика – это определенный тип экономической системы, который отличается высоким уровнем экономического, политического, социального развития и обеспечивает достижение существенного уровня благосостояния и качества жизни, социальной справедливости и защищенности.

Таким образом, можно констатировать следующие признаки данной модели социально-экономического устройства. Во-первых, подобная модель должна характеризоваться высоким уровнем экономического развития, который проявляется в производстве существенного объема ВВП па душу населения, развитостью социальных и политических институтов, которые гарантируют и развивают основные права и свободы граждан.

Во-вторых, этой модели имманентна прогрессивная направленность. Действительно, характер развития рыночной экономики цикличен, но положительная тенденция развития больше свойственна той системе, которая в состоянии аккумулировать весь творческий потенциал населения.

В-третьих, социально-ориентированная экономика не ставит своей целью только поддержку малообеспеченных слоев граждан, она должна защищать и работающих по найму.

Первому критерию отвечают многие развитые государства. Например, США характеризуется существенным размером производимого ВВП на душу населения. Канада занимает первое место среди всех государств мира по индексу развития человеческого потенциала, показателю, который обобщает все показатели социального, экономического и культурного развития общества. Однако несмотря на то, что эти две страны представляют собой либеральные государства, которые достигли высокого уровня развития и могут позволить себе тратить огромные средства на развитие образования, здравоохранения, выплату пособий по безработице и т. п., непосредственно к социально-ориентированным мы их отнести не можем.

Можно выделить следующие универсальные характеристики социального государства:

– ответственность государства за уровень благосостояния граждан;

– ориентацию единой социальной политики на всех членов общества;

– наличие социального бюджета (социальных выплат);

– наличие государственной системы социальной защиты;

– наличие государственной системы социального обеспечения;

– ответственность государство за обеспечение занятости;

– наличие правовых основ социальной регуляции;

– ответственность государства за формирование гражданского общества.

Первые шесть характеристик являются целями социального государства, а последние две – непременные условия достижения целей.

Когда мы говорим о социальной ориентации, мы чаще всего подразумеваем западноевропейские государства, которые, хотя и не добились таких высот в развитии экономики, но основной целью функционирования общества выдвигают обеспечение социального диалога, партнерства, высокого уровня и качества жизни, социальной защищенности и бесконфликтности. С особой трепетностью граждане нашего государства традиционно относились к шведской модели, в которой реализовались аспекты, до сих пор не воплощенные в реальности нашего государства.

В основу количественных критериев социально-ориентированной экономики могут быть положены следующие: место социальной политики среди приоритетов развития, распределение социальных функций между государством и иными субъектами хозяйствования, доля государственной собственности в экономической системе, объем перераспределяемого ВВП и т. д.

Использование подобного рода параметров позволяет выделить четыре модели: либеральную, консервативную, социал-демократическую и рудиментарную [6].

Либеральная или англосаксонская модель (Великобритания, Ирландия, Канада) основывается на приоритете рыночного механизма, относительно низком объеме ВВП, перераспределяемом через налоговую и бюджетную систему (не более 40 %), осуществлении преимущественно пассивной политики на рынке труда, ориентированной на выплаты пособий по безработице, высоком удельном весе частных и общественных компаний в сфере производства частных услуг. Определенное государственное вмешательство в функционирование экономики несущественно изменяет условия жизни населения, которые обеспечивает рынок.

Консервативная модель, континентальная или германская (Германия, Австрия, Швейцария, Франция) основана на рыночной логике распределения, относительно большой доле перераспределяемого ВВП (около 50 %), ориентации на поддержание полной занятости, развитой системе социального диалога и партнерства. Существенное внимание уделяется проблемам оказания социальной помощи и социального обеспечения. Страховые фонды формируются в основном за счет работодателей.

Социал-демократическая или скандинавская модель (Швеция, Норвегия, Финляндия) реализуется посредством перераспределения 50…60 % производимого ВВП, активной политики на рынке труда, ориентации социальной политики на конкретного человека. Для экономики характерны высокий уровень дотаций и субсидий. Чрезмерные трансферты обеспечиваются высокими ставками налогообложения, что существенно снижает стимулы предпринимательства и трудовой деятельности. В последнее время этот режим подвергается существенным модификациям.

Рудиментарная модель, или средиземноморская, характерна для наименее развитых стран региона (Греция, Испания, Италия). В этих странах наблюдается высокий уровень безработицы, объемы перераспределяемого ВВП могут сущест-

венно колебаться: от 40 % (Испания) до 60 % (Греция). Социальная политика рассчитана на наиболее бедные категории граждан.

Существует еще группа стран, которая характеризуется сочетанием черт англосаксонской и скандинавской моделей. К ним относят Данию, Бельгию и Нидерланды.

В 70-е гг. XX в. Т. Маршалл, К. Эспин-Андерсен [7], Т. Тилтон [8], Н. Фернис [9] предложили другую классификацию видов «государства благосостояния»:

Позитивное государство социальной защиты – государство, ориентированное на уравнивание шансов всех граждан иметь высокий уровень благосостояния, гарантирование «равных возможностей» (например, США).

Государство социальной безопасности – государство, ориентированное на обеспечение «равных возможностей» граждан, а также создание условий полной занятости и гарантирование всем гражданам получение доходов не ниже прожиточного минимума (например, Великобритания).

Социальное государство всеобщего благосостояния – государство, ориентированное на обеспечение полной занятости, сглаживание различий в доходах населения, создание многочисленных государственных и общественных социальных служб (например, Швеция).

Российскими и зарубежными специалистами [2; 5] также предпринимались попытки классифицировать социальные государства исходя из политической природы последних. В частности, согласно данному критерию ученые выделяли следующие типы социальных государств:

1. *Либеральное социально государство* – государство, ориентированное на обеспечение равных социальных шансов гражданам (в этом похоже на «позитивное государство социальной защиты») и остаточный принцип финансирования малообеспеченных, а также стимулирующее активный поиск последними какой-либо работы (Австралия, Великобритания, Канада, США, Швейцария, Япония).

2. *Консервативное социальное государство* – государство, ориентированное на обеспечение равновесия между патерналистскими действиями власти и адресными программами социальной поддержки различных социальных групп населения, на приоритет социального обеспечения семьи, а не отдельного индивида (Австрия, Бельгия, Германия, Ирландия, Италия, Нидерланды, Финляндия, Франция).

3. *Социал-демократическое социальное государство* – государство, ориентированное на обеспечение равных социальных прав граждан и одинаковых социальных условий и льгот (Дания, Норвегия, Швеция).

Иными словами, в основе данной классификации лежит прежде всего принцип противопоставления рынка и социальной направленности государства (противостояние либеральной и социальной идеям).

Реализуемая на современном этапе политика российского государства вписывается в модель либерального социального государства.

Если же рассматривать экономику конкретных стран, то опыт Германии как одной из высокоразвитых стран с рыночной экономикой нам близок по ряду причин [3]:

– аналогичное территориально-государственное устройство;

– исторические предпосылки;

– развивающиеся двусторонние межгосударственные связи;

– близость ориентиров развития социальной сферы;

– психология наций, ориентированная на личную заинтересованность в результатах труда;

– модель рынка труда, направленная на высокую производительность работающего населения.

Последнюю характеристику можно рассматривать как следствие следования России по германскому пути развития социального рыночного хозяйства.

К основным характеристикам современной германской модели социальной экономики относятся следующие:

– преобладание системы частного страхования над государственным;

– развитая система социального партнерства;

– высокий уровень безработицы сочетающийся с интенсификацией труда работающих;

– приоритет в экономике отдается свободной индивидуальной инициативе;

– стимулирование активного поиска работы безработными;

– поощрение свободной конкуренции и частной предпринимательской инициативы.

Можно предположить, что в ближайшие годы российская экономика будет характеризоваться именно этими чертами.

В идеале российская модель социального государства должна базироваться на нескольких принципах.

Первый принцип. Государство, заинтересованное в благополучии граждан, постоянно проявляет заботу о сохранении и эффективном функционировании рыночных механизмов. Именно они являются залогом эффективности всей экономической системы, а, следовательно, и источником социальных благ. Таким образом, забота государства о поддержании и развитии рынка есть одновременно и важнейшая составная часть его социальных функций.

Второй принцип. Эффективность социальной политики государства не определяется размерами социальной благотворительности и масштабами государственного перераспределения. Важно другое: большая часть доходов должна остаться в

руках получателей, а не изыматься в виде налогов и взносов на социальные нужды.

Третий принцип. Социальная политика должна быть ориентирована на усиление позиций индивида. Она не должна превращать его в иждивенца, а должна дать каждому равные стартовые возможности, чтобы конечный результат индивида зависел только от его личных усилий и желаний.

Четвертый принцип. Размер сферы социального обеспечения по мере роста общественного богатства и благосостояния граждан должен не расширяться, а, наоборот, сокращаться. И это потому, что социальная благотворительность со стороны государства – явление временное, связанное с бедностью части населения, не способной поддерживать собственное благосостояние и вынужденное пользоваться пособиями, бесплатными услугами и т. п. По мере повышения жизненного уровня граждан подобного рода потребность отпадает. Стало быть, объектами социальной опеки должны быть только бедные, не обеспеченные прожиточным минимумом. Чем богаче общество, тем меньше в нем получателей социальных благ от государства.

Пятый принцип. Социальное государство должно защищать всех. То есть объектом его опеки должны быть не только малоимущие слои населения, но и лица со значительными доходами. Они должны иметь гарантии стабильного пребывания и работы на территории данного государства.

Шестой принцип. Экономическая свобода, в перспективе, должна сочетаться с социальным выравниванием. Слишком большой уровень различий в распределении доходов и имущества порождает сложные социальные, экономические и даже политические проблемы. В связи с этим действует прогрессивная ставка налогообложения доходов, наследства. Состоятельные группы населения не получают социальные льготы со стороны государства. Это способствует социальному выравниванию.

В заключение заметим, что, на наш взгляд, скопировать готовую модель невозможно и неправильно. Однако опираться на имеющийся опыт при выработке своей модели крайне необходимо. И нет лучшего образца, чем ордолиберальная концепция «Фрайбургской школы» во главе с Вальтером Ойкеном и концепция социального рыночного хозяйства во главе с Альфредом Мюллером-Армаком. Опыт не может рассматриваться как универсальная модель перехода к социальному рыночному хозяйству. Он, напротив, лишь показывает, что любая страна должна выстроить свой собственный путь, опираясь на успехи и проблемы других стран.

Библиографический список

1. Антропов, В. В. Социальная защита в странах Европейского союза. История, организация, финансирование, проблемы / В. В. Антропов. М. : Изд. «Экономика», 2006. 271 с.

2. Дембицкий, С. Г. Формирование социально ориентированной рыночной экономики в российской Федерации (макроэкономические факторы) : дис. … докт. экон. наук : 08.00.01 / С. Г. Дембицкий. М., 2004. С. 143–150.

3. Збышко, Б. Г. Опыт Германии нам близок / Б. Г. Збышко // Социальное государство: проблемы, тенденции, перспективы : сб. материалов Межунар. научно-практич. конф. / под общ. ред. Н. Н. Гриценко. 13 фев. 2004 г. С. 94–98.

4. Милецкий, В. П. Социальное государство: эволюция идей, сущность и перспективы становления в современной России / В. П. Милецкий // Политические процессы в России в сравнительном измерении. 1997. Вып. 1. С. 82–104.

5. Милецкий, В. П. Социальное государство: эволюция теории и практика (политико-социологический анализ) : дис. … докт. полит. наук : 23.00.01 / В. П. Милкцкий. СПб., 1998. С. 43–46.

6. Нестеренко, А. Социальная рыночная экономика: концептуальные основы, исторический опыт, уроки для России / А. Нестеренко // Вопросы экономики. 1998. № 8. С. 36–40.

7. Esping-Andersen, G. The Three of Welfare Capitalism / G. Esping-Andersen. Cambridge, 1990. 250 p.

8. Furniss, N. The case for the Welfare State. From social security to social equality / N. Furniss, T. Tilton. Bloomington-London, 1977. 430 c.

9. Marshall, T. H. Citisenship and social class / T. H. Marshall. N. Y., 1981. 348 c.

E. N. Sochneva

THE FORMS AND DIRECTIONS OF SOCIAL STATE POLICY

The genesis of social state is revealed, its criteria are given, different classifications of social state models are drawn. On their base the most probable model of Russian social economy development is determined.

УДК 658.011.56

В. Н. Супрун

АНАЛИЗ СИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Приведены результаты корреляционного анализа основных показателей работы железнодорожного транспорта. Произведены расчеты по 49 параметрам пятнадцати железных дорог ОАО «Российские железные дороги» за пять лет. Выполнены формальный и неформальный анализы результатов расчета, подтвердившие эффективность предложенного метода.

С момента преобразования в 2003 г. Министерства путей сообщения Российской Федерации в ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») большую актуальность приобрела задача существенного повышения качества технологических процессов перевозок. Повышение конкурентоспособности железных дорог и эффективности их работы, снижение себестоимости – эти и многие другие задачи могут быть решены только на основе внедрения системы менеджмента качества (СМК) в соответствии с международными стандартами ISO серии 9000. Работы в области СМК являются достаточно новыми для железнодорожного транспорта и требуют научной разработки.

Одним из актуальных вопросов, связанных с управлением качеством технологических процессов, является информационная поддержка принятия решений, использование статистических методов обработки информации, работа по фактическим показателям. Все созданные эффективные системы управления качеством имели в своей основе статистическую модель управления качеством, и опирались на современные методы математического анализа. Необходимо отметить, что система поддержки принятия решений (СППР) при управлении качеством железнодорожных перевозок пока еще не сформирована и ее создание является актуальной научной задачей.

В настоящее время в ОАО «РЖД» создан целый ряд информационных, информационно-управляющих, автоматизированных и автоматических систем, ставших неотъемлемой частью технологии перевозочного процесса и системы управления железнодорожным транспортом в целом. Но эффективность эксплуатации этих систем существенно снижается из-за отсутствия или недостаточного развития на их базе информационно-аналитических надстроек, решающих задачи поддержки принятия решений с использованием математических методов анализа и обработки информации. Кроме того, недостаточно разработаны методы системного анализа показателей ОАО «РЖД». Все это говорит о том, что необходимы теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования и развития железнодорожного транспорта, ориентированные на повышение эффективности управления с использованием современных методов обработки информации.

Для решения поставленной задачи, т. е. для определения показателей контроля качества технологических процессов железнодорожного транспорта, был выбран метод корреляционного анализа. Использование данного метода позволяет оценить независимость показателей, их взаимное влияние, выявить необходимые закономерности, по отсутствию очевидных закономерностей оценить достоверность исходных данных. В результате удастся создать совокупность параметров для их дальнейшего использования в СМК. Основной целью систематизации основных показателей работы железных дорог является получение объективной информации об их фактических взаимозависимостях и влиянии на работу железных дорог.

В корреляционном анализе оценка взаимного влияния двух параметров X и Y делается по коэффициенту корреляции r, меняющему свое значение от 0 (корреляции нет) до 1 или –1 (линейная прямая или обратная зависимость):

$$r = \frac{\left(M[X \cdot Y] - M[X] \cdot M[Y]\right)}{\sqrt{\left(M\left[X^2\right] - M[X]^2\right)\left(M\left[Y^2\right] - (M[Y]^2)\right)}}, \qquad (1)$$

где M – математическое ожидание случайной величины.

Корреляционный анализ дает объективные данные о взаимном влиянии двух случайных величин. Однако вывод о том, какая величина от какой зависит, делается на основе анализа физических процессов (неформального анализа). Например, можно утверждать, что именно погрузка влияет на объем перевозок, а не наоборот. Определенная субъективность такого подхода потребовала отдельного выполнения формального и неформального анализов.

В качестве исходных данных взяты основные показатели работы 15 железных дорог Российской Федерации, т. е. всех дорог, кроме Сахалинской и Калининградской, за каждый месяц в течение пять лет – с 2000 по 2004 гг. Всего рассмотрено 49 основных показателей работы железных дорог при выборке по каждому из 60 (5 · 12) значений. Общее число исходных данных: 49 · 60 · 15 = 44 100. Число рассмотренных корреляционных пар – 233 по каждой из дорог,

всего – 3 495. Общее число исходных пар для расчета: 3 495 · 60 = 209 700.

Для выборки в 60 значений при уровне значимости б = 0,95 уровень достоверности $r_{табл}$ составил 0,174. Расчетные значения корреляции r ниже этого значения считались недостоверными:

$$|r| \geq r_{табл}. \quad (6)$$

Значения коэффициента корреляции k по каждой корреляционной паре параметров проверены на соответствие нормальному закону распределения по критерию Пирсона $ч^2$ – всего 233 выборки по 15 значений (по числу дорог) в каждой. Наличие нормального закона распределения случайной величины по сети в целом определялось по условию, что расчетное значение $ч^2_{расч}$ не превышения табличное $ч^2_{табл}$.

Исходные данные были представлены в виде таблиц в формате Excel. Нарастающий итог пересчитывается в значения по месяцам. Выявлены и устранены отдельные недостоверные данные (около 100 чисел). Расчеты выполнены с использованием встроенных функций Excel. Полученные результаты представлены в виде таблиц на отдельных листах одного файла Excel, затем они были систематизированы и проанализированы. В результате был сделан ряд новых выводов, в том числе о степени достоверности и информативности предоставляемых железными дорогами данных. Наряду с очевидными закономерностями обнаружены новые закономерности и подтверждены уже известные. Также выявлены недостоверные данные. По результатам анализа был предложен порядок работы с информационными источниками в СМК, в том числе и на Красноярской железной дороге, а также метод контроля достоверности исходной информации.

Предложенная в данной статье методика использования методов корреляционного анализа в целом подтвердила свою эффективность. Полученные данные обладают информационной значимостью (табл. 1), большинство из них подчиняются нормальному закону распределения случайных величин (по критерию Пирсона); основные очевидные закономерности подтверждают правильность выполненных расчетов (табл. 2); выявлены новые неочевидные данные.

Примечание. Средние значения коэффициентов корреляции $r_{ср}$, приведенные в табл. 1, 2 с точностью до двух знаков, подчиняются нормальному закону распределения случайной величины по критерию Пирсона, с точностью до одного знака – не подчиняются этому закону.

Корреляционный анализ позволил выявить ряд закономерностей, являющихся не очевидными, но логически объяснимыми. Эти закономерности не требуют дополнительного рассмотрения, но при этом их использование в СППР будет полезным и эффективным (табл. 3).

Таблица 1

Статистика выполненных расчетов

Значение коэффициента корреляции r	Число пар
Существенная прямая зависимость при нормальном законе распределения случайной величины ($r >> 0$)	49
Существенная прямая зависимость без нормального закона ($r >> 0$)	1
Существенная обратная зависимость при нормальном законе ($r << 0$)	26
Существенная обратная зависимость без нормального закона ($r << 0$)	2
Прямая зависимость ($r > 0$)	20
Обратная зависимость ($r < 0$)	20
Отсутствует зависимость ($r < 0$, $r > 0$)	51
Артефакты ($r << 0$, $r >> 0$)	64
Всего рассмотренных пар	233

Таблица 2

Очевидные закономерности

Закономерность	$r_{ср}$
Объем перевозок на всех дорогах существенно зависит от объема погрузки	0,73
Производительность вагона зависит: – от времени его оборота (–0,92); – среднесуточного пробега (0,97); – простоя под грузовыми операциями (–0,89); – простоя на технических станциях (–0,82)	 –0,92 0,97 –0,89 –0,82
Оборот вагона ухудшается с ростом процента неисправных вагонов	0,54
Производительность вагона на большинстве дорог напрямую связана: – с производительностью локомотива; – пробегом локомотива	 0,77 0,75

Окончание табл. 2

Закономерность	$r_{ср}$
Среднесуточный пробег вагона обратно зависит: – от простоя под грузовыми операциями; – простоя на технических станциях	 –0,87 –0,81
Среднесуточный пробег вагона напрямую связан: – с пробегом локомотива; – производительностью локомотива	 0,73 0,77
Рост нагрузки вагона приводит к увеличению простоя под грузовыми операциями	
Участковая и техническая скорости существенно связаны	0,64
Участковая скорость влияет на пробег локомотива	0,51
Техническая скорость влияет на пробег локомотива	0,79
Производительность локомотива связана с его пробегом	0,8
Рост балловой оценки пути напрямую связан с протяженностью неудовлетворительных участков	0,73
Удельный расход электроэнергии снижается при росте: – грузооборота; – среднего веса грузового поезда	 –0,6 –0,5
Закономерность	$r_{ср}$
Прибыль связана с уменьшением удельного расхода: – электроэнергии; – топлива	 –0,7 –0,5
Прибыль от перевозок напрямую связана: – с доходами от перевозок; – производительностью труда работников; –грузооборотом	 0,72 0,81 0,7
Рост производительности приводит к росту доходов	0,88
Расходы дороги существенно зависят: – от себестоимости грузовых перевозок; – среднемесячной зарплаты	 0,60 0,58
Себестоимость грузовых перевозок существенно зависит от среднемесячной зарплаты	0,97
Себестоимость снижается с ростом грузооборота	0,45
Рост численности работников приводит к снижению: – заработной платы; – производительности труда	 –0,7 –0,35

Таблица 3

Логически объяснимые закономерности

Закономерность	$r_{ср}$
Производительность вагона больше зависит: от технической скорости, чем от участковой	 0,66 0,31
Оборот вагона уменьшается с ростом числа неисправных электровозов, кроме Красноярской и Северной железных дорог, и тепловозов, кроме Восточно-Сибирской железной дороги	–0,6
Производительность вагона существенно зависит от веса поезда	0,7
Увеличение простоя вагона на технической станции приводит к уменьшению пробега локомотива	–0,8
Увеличение массы поезда приводит к росту: – технической скорости; – производительности; – пробега локомотива	 0,4 0,7 0,7
С ростом массы поезда растет среднесуточный пробег	0,7
Участковая скорость несколько уменьшается: – с ростом балловой оценки пути ($r_{ср}$ = –0,24) – увеличением протяженности неудовлетворительных участков	 –0,24 –0,17
Удельный расход электроэнергии увеличивается при росте времени оборота вагона	0,5
Прибыль от перевозок напрямую связана с расходами	0,65
Прибыль не имеет достоверной зависимости с численностью работников, среднемесячной зарплатой, дебиторской и кредиторской задолженностями	

Окончание табл. 3

	$r_{ср}$
Рост доходов дороги сопровождается ростом расходов	0,99
Рост доходов дороги сопровождается ростом кредиторской задолженности	0,5
Рост доходов дороги сопровождается ростом среднемесячной зарплаты	0,53
Кредиторская задолженность приводит к росту себестоимости грузовых перевозок	0,7
Увеличение массы поезда сопровождается ростом прибыли	0,31
Себестоимость грузовых перевозок существенно зависит от времени оборота вагона	–0,7
Рост среднемесячной зарплаты приводит к росту производительности труда; возможно и обратное: рост производительности ведет к росту заработной платы	0,18
Увеличение массы поезда в целом приводит к увеличению протяженности неудовлетворительных участков	0,31
Рост балловой оценки пути приводит к росту: – себестоимости; – прибыли	 0,22 0,42
Рост протяженности неудовлетворительного пути приводит к росту – себестоимости; – прибыли	 0,30 0,47
Нет достоверной информации о влиянии участковой и технической скоростей на себестоимость перевозок и прибыль	

Корреляционный анализ выявил тоже недостоверность некоторых данных, названных автором артефактами, по необъективному разбросу значений корреляции по разным дорогам (показатели 1–3 в табл. 4).

Таблица 4

Данные, обладающие низкой достоверностью

№ п/п	Показатель
1	Неисправный подвижной состав (электровозы и тепловозы, в меньшей степени – грузовые вагоны)
2	Расход топлива на тягу поездов (в отличие от расхода электроэнергии)
3	Нагрузка вагона
4	Балловая оценка пути
5	Техническая и участковая скорости
6	Простой под грузовыми операциями и на технических станциях

Полученные результаты позволяют рекомендовать разработанный автором метод в качестве способа выявления недостоверности данных: о низкой достоверности данных свидетельствует необоснованный разброс коэффициентов корреляции по данным различных подразделений (дорог, отделений, предприятий и др.) и отсутствие нормального закона распределения совокупности показателей от всех подразделений.

Параметры работы железных дорог в значительной степени зависят от технической скорости $V_{тех}$ и в меньшей степени – от участковой скорости $V_{уч}$, при этом коэффициент корреляции данных параметров равен 0,64 (табл. 5). Таким образом, в СМК следует больше внимания уделять технической скорости поезда.

Таблица 5

Корреляция параметров с $V_{тех}$ и $V_{уч}$

Показатель	$r_{ср}$ $V_{тех}$	$r_{ср}$ $V_{уч}$
Техническая скорость	1	0,64
Участковая скорость	0,64	1
Пробег локомотива	0,79	0,51
Производительность локомотива	0,63	0,24
Пробег вагона	0,67	0,33
Производительность вагона	0,66	0,31

Неожиданным результатом явились данные о зависимости себестоимости от интенсивности работы дорог. Обычно считается, что увеличение объема работ дороги, ее загруженность уменьшают себестоимость. Однако автором были получены иные зависимости себестоимости от показателей работы дорог (табл. 6).

Рост интенсивности работы железных дорог ведет к росту прибыли, но повышает себестоимость перевозок. Увеличение веса поезда, сокращение времени оборота, повышение производительности локомотива, сокращение простоев вагонов повышает пропускную способность дорог, увеличивает доход, но не снижает себестоимости перевозок. При этом взаимосвязь прибыли и себестоимости недостоверна. Полученный результат неочевиден и требует дальнейшего исследования. Причиной этого может быть быстрый рост себестоимости, обусловленный другими причинами. На основании этих данных можно сделать еще один вывод: на сегодняшний день нет объективной оценки проводимых мероприятий по увеличению массы поезда, росту скорости и др.

Таблица 6

Примеры корреляции с себестоимостью перевозок

Показатель	$r_{ср}$
Доходы	0,72
Вес поезда	0,8
Время оборота вагона	–0,7
Среднесуточный пробег вагона	0,7
Простой вагона под грузовой операцией	–0,7
Простой вагона на технической станции	–0,7
Численность работников	–0,6
Грузооборот	0,45
Производительность локомотива	0,70

Второй результат, аналогичный предыдущему и требующий дополнительного рассмотрения (возможно совместно с предыдущим), – это наличие взаимосвязи между расходами и производительностью (коэффициент корреляции равен 0,85).

Таким образом, сделаем следующие выводы:

– корреляционный анализ следует внедрять на сети дорог как элемент системы поддержки принятия решений в системе менеджмента качеством работы железнодорожного транспорта;

– корреляционный анализ необходимо использовать для выявления недостоверных исходных статистических данных;

– повышение достоверности показателей нужно осуществлять за счет автоматизации учета и обработки первичной информации;

– требуется дальнейший анализ показателей работы железной дороги для формирования совокупности показателей, используемых в системах менеджмента качества;

– анализ выявленных корреляционных зависимостей следует использовать в качестве исходных данных для реинжиниринга системы управления железнодорожным транспортом путем акцентирования работ в соответствии с выявленными тенденциями и зависимостями;

– требуется дополнительный анализ влияния различных параметров на себестоимость и производительность дорог.

V. N. Suprun

SYSTEM ANALYSIS OF RELATIONS BETWEEN RAILWAY TRANSPORT MAIN OPERATION FACTORS

It is given the results of correlation analysis of the main work factors of Russian railway transport. Calculations of 49 operation factors of 15 Russian Federation Railways for the period of 5 years are done. Formal and informal analyses of the results are made. The results confirmed the effectiveness of methods.

УДК 342.8(571.51)

А. В. Суховольский

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОНКУРЕНЦИИ НА ВЫБОРАХ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТНЫХ ВЫБОРОВ В Г. КРАСНОЯРСКЕ)

Рассматриваются вопросы оценки уровня конкуренции на выборах в Российской Федерации; а также возможность и эффективность применения различных статистических показателей конкуренции. Анализ проводится на материале электоральной статистики муниципальных выборов в г. Красноярске.

Одним из базовых принципов, лежащих в основе любой демократической системы выборов, является принцип конкуренции. Всегда должна быть возможность выбора одного предпочитаемого кандидата из списка предложенных на выборные должности. В законе «О выборах в органы местного самоуправления в Красноярском крае» это право избирателя реализуется через положение о том, что число кандидатов на должность должно быть не меньше двух. Обязательность наличия нескольких кандидатур в избирательном бюллетене влечет за собой конкуренцию. Теоретически ситуация конкуренции ведет к тому, что кандидаты начинают активно разъяснять избирателям свою программу, демонстрировать свои потенциальные возможности как будущего законодателя или представителя исполнительной власти.

Часто власти пытаются ограничить уровень конкуренции на выборах. Это может быть отказ нежелательным для властей кандидатам в регистрации; исключение кандидата из списка вследствие реальных или выдуманных нарушений порядка предвыборной борьбы; объявление результатов выборов, на которых побеждает нежелательный для властей кандидат недействительными и т. п.

Уровень конкуренции на выборах может оказаться достаточно низким и по объективным причинам: когда баллотируется кандидат, пользующийся доверием и поддержкой значительного (или подавляющего) большинства избирателей. В этом случае даже при соблюдении всех формальностей: наличии нескольких кандидатов на выборную должность; отсутствии случаев отказа в регистрации или снятии их с предвыборной «гонки»; предоставлении возможности агитации всем кандидатам, – конкурентной борьбы как таковой может не быть. Например, по такому сценарию прошли выборы Главы г. Красноярска в 2004 г. Важно отметить, что описанная ситуация не является нарушением демократической процедуры выборов.

Для количественной оценки уровня конкуренции на выборах привлекается большое число статистических показателей:

1. Число кандидатов в избирательном бюллетене. Оценивать уровень конкуренции по числу баллотирующихся в округе кандидатов не вполне корректно, так как существует много примеров легкой победы одного из многих кандидатов и напряженной борьбы, когда зарегистрировано только два (например, в последние годы предельно велика конкуренция между двумя кандидатами на выборах президента США). Однако определенное представление об уровне конкуренции по числу выдвинутых кандидатов можно получить в случае, когда политические позиции претендентов на должность близки.

2. Электоральный запас или разрыв голосов (*vote gap*), определяемый как разность между числом голосов, полученных победившим на выборах кандидатом, и числом голосов, полученных его ближайшим конкурентом. Для сравнения показателей разрыва голосов при различных голосованиях (например, по нескольким одномандатным избирательным округам) необходимо от абсолютной величины перейти к показателю относительного разрыва голосов. Если p_1 – процент голосов, полученных кандидатом-победителем, а p_2 – процент голосов, полученных его ближайшим конкурентом, то показатель разрыва голосов Дp:

$$\Delta p = p_1 + p_2 .$$

3. Индекс Джини J. Если $p(i)$ – доля голосов, полученных i-ым кандидатом, n – число соперничающих кандидатов, $\sum_{i=1}^{n} p(i) = 1$ (т. е. сумма всех долей голосов есть 1), то величина индекса Джини определяется следующим образом:

$$J = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} p(i)^2} .$$

В предельном случае, когда конкуренция полностью отсутствует, и кандидат-победитель получает все голоса избирателей, величина $p(1) = 1$, а $p(j) = 0,\ j = 2,\ldots,n,$ индекс Джини $J = 1$. В противоположном предельном случае, когда все кандидаты получают одинаковое число голосов и $p(j) = \frac{1}{n},\ \ j = 1, \ldots, n,$ значение индекса Джини $J = n$, т. е. номинальному числу баллотировавшихся кандидатов. Во всех других промежуточных случаях $1 < J < n$.

Величина индекса Джини носит также название эффективного числа кандидатов. При значении $J = n$ число эффективных кандидатов совпадает с числом

зарегистрированных кандидатов, и конкуренция на выборах максимальна. При значении $J = 1$ эффективное число кандидатов равно 1, и формально присутствующие в списке кандидатуры совершенно не конкурируют с кандидатом-лидером, и эффективное число кандидатов равно 1 [1; 2; 3].

Проведенный анализ показал, что уровень конкуренции на выборах депутатов Красноярского городского Совета в 2004 г. по одномандатным округам существенно различался (см. таблицу).

Выделяется две группы округов: округи с небольшим (3–4) числом выдвинутых кандидатов (8 округов), и округи с достаточно большим числом выдвинутых кандидатов (6 и более кандидатов) (10 округов).

Приведены два показателя разрыва голосов. Показатель $Дp_2$ учитывает разницу между числом голосов, полученных кандидатом-лидером и кандидатом, вторым по числу полученных голосов. Показатель $Дp_2$ учитывает разницу между числом голосов, полученных кандидатом-лидером, и числом голосов против всех кандидатов. Соотношение $Дp_2 > Дp_1$ означает, что кандидат, занявший второе место на выборах, получил голосов меньше, чем было подано против всех. Соотношение $Дp_1 < 0$ показывает, что против всех было подано больше голосов, чем за кого-либо из кандидатов. В этом случае, согласно действовавшему избирательному законодательству, выборы признаются несостоявшимися и проводятся повторные. Сравнение значений $Дp_2$ и $Дp_1$ показывает, что только в трех округах (8, 12, 18) между величинами разрыва голосов имеет место соотношение $Дp_2 < Дp_1$. В остальных шестнадцати одномандатных округах разрыв голосов $Дp_2$ оказался меньше, чем разрыв голосов $Дp_1$, т. е. основным соперником победившего был виртуальный кандидат «против всех», причем в четырех округах (6, 7, 11, 18) величина разрыва голосов не превосходила 4 %, и небольшие изменения в пользу кандидата «против всех» могли бы привести к признанию выборов несостоявшимися.

Таким образом, большинству депутатов в ходе избирательной кампании пришлось соперничать не с реальными политическими оппонентами, а с общим недовольством избирателей, пришедших на выборы.

Наличие некоторых показателей, характеризующих уровень конкуренции на выборах, не вполне удобно. Для того чтобы выбрать те показатели, которые в существующих условиях в наибольшей степени отражают уровень конкуренции, рассмотрим связь между ними. Связь между номинальным числом n кандидатов, баллотирующихся в отдельном одномандатном округе, и величиной номинального разрыва голосов p_1 отражена на рис. 1.

Уровень конкуренции на выборах депутатов городского Совета по одномандатным избирательным округам в 2004 г.

Округ	Показатели конкуренции				
	Номинальное число кандидатов n	Разрыв голосов $Дp_1$	Разрыв голосов $Дp_2$	Индекс J_1	Индекс J_2
1	7	19,0	11,5	3,64	4,64
2	3	61,0	42,5	1,32	2,00
3	4	55,9	37,2	1,43	2,20
4	6	34,3	21,3	2,33	3,30
5	7	19,0	12,7	3,14	4,14
6	4	15,6	1,0	2,86	3,79
7	11	6,0	0,1	6,12	6,79
8	6	3,9	6,6	3,24	4,24
9	7	0,9	–7,6	4,26	4,87
10	4	17,5	15,0	2,49	3,47
11	7	7,6	1,8	4,55	5,43
12	3	8,2	22,0	2,12	2,93
13	5	21,0	15,3	2,78	3,77
14	3	34,6	21,9	1,80	2,74
15	6	14,6	8,1	3,61	4,59
16	8	11,2	10,9	3,72	4,72
17	4	12,4	12,5	2,69	3,68
18	9	2,2	3,4	3,76	4,73
9 повторные	3	84,2	81,6	1,15	1,30

Примечание. Приведены два показателя разрыва голосов и два значения индекса Джини: индексы $Дp_1$ и J_1, вычисленные без учета голосования против всех кандидатов, и индексы $Дp_2$ и J_2, вычисленные с учетом голосования против всех кандидатов.

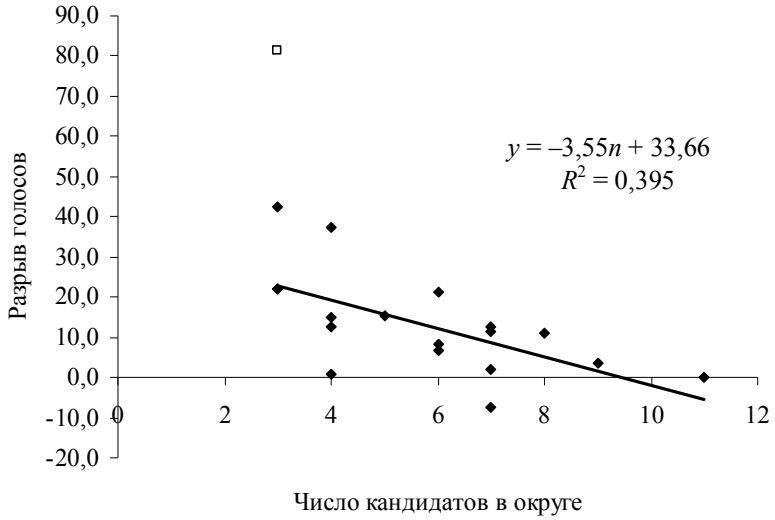


Рис. 1. Связь между числом кандидатов в округе и разрывом голосов

Если исключить округ 9, где на первичных выборах наибольшее число голосов было подано против всех кандидатов, а на повторных выборах уровень конкуренции был предельно низок, то между наименьшим из двух значений $Дp_1$и $Дp_2$ нормированного разрыва голосов и числом кандидатов в избирательном бюллетене наблюдается обратная зависимость: чем меньше число кандидатов, тем больше нормированный разрыв голосов. Это означает, что при уменьшении числа кандидатов-конкурентов уменьшается и конкуренция, определяемая через разрыв голосов между кандидатом-лидером и реальным или виртуальным («против всех») кандидатом, занявшим второе место на выборах. Однако коэффициент детерминации R^2, характеризующий тесноту связи между этими показателями, не очень велик ($R^2 = 0{,}395$). Поэтому говорить о том, что значение одного из рассмотренных показателей однозначно определяет значение другого и, следовательно, можно использовать только один показатель, нет оснований.

Рассмотрим теперь связь между показателями конкуренции, характеризуемыми индексами Джини – эффективным числом кандидатов (рис. 2).

Между величинами индексов Джини J_1 и J_2, рассчитанными с учетом и без учета голосования против всех кандидатов, наблюдается практически линейная зависимость. Поэтому для дальнейшего анализа можно использовать только один из этих показателей.

Анализ связи между номинальным J_1 и эффективным n числом кандидатов в одномандатном округе на выборах в городской Совет в 2004 г. показывает, что наилучшим образом характеризует уровень конкуренции на выборах зависимость между номинальным числом n кандидатов, включенных в бюллетени для голосования, и эффективным числом кандидатов J_1 в данном округе (рис. 3).

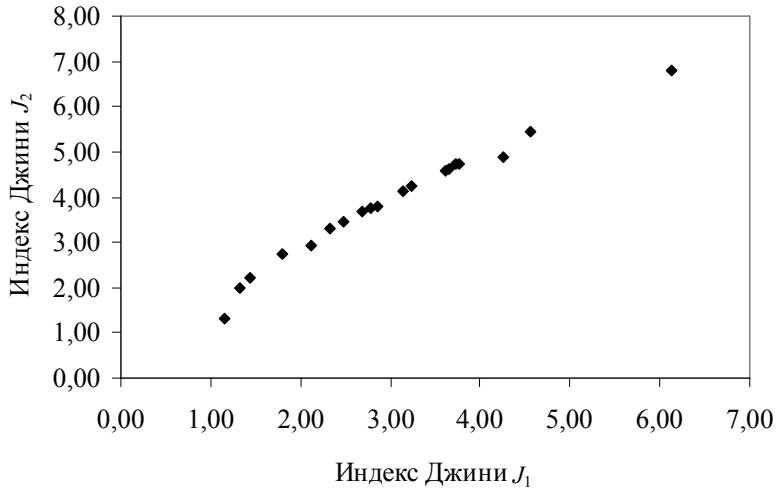


Рис. 2. Связь между величинами индексов Джини
без учета и с учетом голосования против всех кандидатов

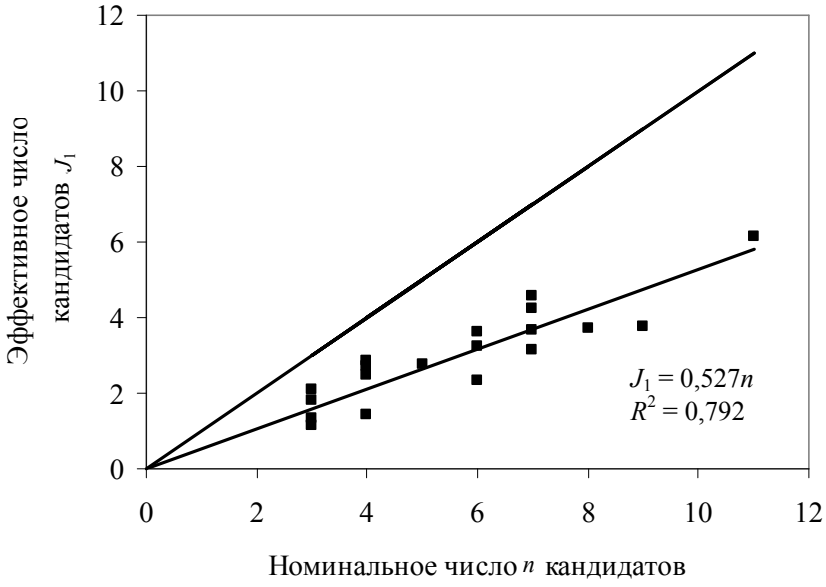


Рис. 3. Связь между номинальным J_1 и эффективным n числом кандидатов в одномандатном округе на выборах в городской Совет в 2004 г. (каждая точка – отдельный избирательный округ)

Если бы конкуренция всех кандидатов происходила на равных условиях, то эффективное число было бы равно номинальному количеству кандидатов, и все точки, обозначающие отдельный избирательный округ, лежали бы на биссектрисе $J_1 = n$. Однако зависимость между номинальным и эффективным числом кандидатов присутствует и уравнение, описывающее связь между J_1 и n, проходит ниже биссектрисы. При увеличении количества номинальных кандидатов на единицу эффективное число кандидатов возрастает примерно на 0,5. Таким образом, с прибавлением кандидатов уровень конкуренции тоже возрастет, но в меньшей степени.

Таким образом, данные электоральной статистики по выборам местного самоуправления в г. Красноярске доказывают, что из нескольких статистических показателей для оценки уровня конкуренции на выборах наиболее эффективно использовать индекс Джини.

Библиографический список

1. Таагепера, Р. Описание избирательных систем / Р. Таагепера, М. С. Шугарт // Полис. 1997. № 3.

2. Сморгунов, Л. В. Современная сравнительная политология / Л. В. Сморгунов. М., 2002.

3. Taagepera, R. Seats and Votes: The Effect and Determinants of Electoral Systems / R. Taagepera, M. S. Shugart. New Haven, 1989.

A. V. Suhovolsky

METHODS OF THE COMPETITION LEVEL ESTIMATION ON ELECTIONS (ON THE EXAMPLE OF LOCAL ELECTIONS IN KRASNOYARSK)

Questions of the competition level estimation on elections in the Russian Federation, and also the opportunity and efficiency of using various statistics of competition are considered. The analysis bases on materials of electoral statistics of Krasnoyarsk municipal elections.

УДК 629.19:378

В. В. Филатов

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

Ряд предприятий Красноярского региона входят сегодня в число ведущих фирм страны по производству ракетно-технической техники. Необходимость научного и кадрового обеспечения в реализации космических проектов обуславливает организацию нестандартных форм подготовки специалистов.

Коренные изменения в социально-экономическом развитии страны, обусловленные распадом СССР и разрушением прежних экономических связей, самым негативным образом отразились на состоянии авиационного и ракетно-космического комплексов. В России осталось около 85 % прежнего совокупного потенциала аэрокосмической отрасли, в которой занято сейчас 270 тыс. человек (примерно в два раза меньше, чем в советский период). Девяностые годы явились для отрасли годами испытаний, последствия которых предстоит преодолевать длительное время. В особенно тяжелом положении оказалась авиационная промышленность – в стране практически прекратилось серийное производство самолетов для гражданской авиации, заказы на отечественную гражданскую авиатехнику носят штучный характер. Общий объем производства предприятий авиационной промышленности сократился по сравнению с 1991 г в 4–5 раз, количество произведенных самолетов в 12 раз, вертолетов в 8 раз. Фактически произошел распад целостного научно-производственного комплекса при осуществлении разрозненного акционирования конструкторское бюро и заводов отрасли, которая в результате оказалась неконкурентоспособной на мировом рынке. Производственные мощности авиационных предприятий загружены менее, чем на 30 %, при этом парк гражданской авиации в России сейчас является одним из самых устаревших среди развитых стран [1].

Как диссонанс мировой тенденции можно оценивать и значительное снижение объемов отечественной космической деятельности. Доля России в мировом финансировании гражданского космоса за 15 лет сократилось с 15 до 0,5 %. По этому показателю сегодня мы уступаем не только США, но и странам, которые значительно позднее приступили к этой деятельности (Япония, Франция, Германия, Китай, Италия, Индия и др.). Следствием снижения внимания государства к необходимости поддержки высокотехнологичных отраслей явились значительные потери в квалифицированных кадрах, свертывание научных разработок (доля России на мировом рынке научной продукции составляет ~ 0,3 %, количество изобретений, регистрируемых в нашей стране за последние 15 лет, сократилось почти в 20 раз).

Придавая важное значение выполнению космических программ, подчеркивая, что достижения в области ракетно-космической деятельности определяют не только экономические, но и геополитические преимущества стран в XXI в., президент РФ отмечал: «Космос – это без преувеличения основа стабильности в мире. Было бы непростительным легкомыслием растратить запас, заложенный предыдущими поколениями» [2].

Из приведенной оценки нынешнего состояния аэрокосмической промышленности, потенциала и конкурентоспособности отрасли на мировом рынке вытекает непростая задача выбора дальнейшего пути развития. Решение ее определяется не только потребными ресурсами (они для восстановления даже прежнего потенциала составляют не один млрд долл.) и возможностями государства, но и реальными целями, которые общество ставит перед этой отраслью. Перспективы аэрокосмического комплекса будут определять целую цепочку в развитии обеспечивающих отраслей, науки и профессионального образования в том числе.

Анализируя реальное состояние гражданской авиации, можно констатировать, что по большинству типов отечественных широфюзеляжных самолетов конкурентные возможности на рынке перед иностранными производителями («Боинг» – США, «Эйрбас» – Франция) утрачены на десятилетия вперед. В России указанные типы самолетов в последние годы производились в количестве 6–10 ед. в год, в то время как в названных зарубежных компаниях их производство составляет ~ 300 ед., и заказы на их приобретение на мировом рынке уже сегодня распределены до 2020 года. Более того, отечественные авиакомпании в условиях рыночной экономики отдают предпочтение зарубежной авиационной технике, которая либо по технико-экономическим показателям превосходит отечественные образцы, либо продается на более выгодных условиях. Более того фирмы и «Боинг», и «Эйрбас» создали в России собственные инженерные центры по разработке перспективных моделей самолетов, в которых работают около 1500 российских специалистов высокого класса, в том числе лучших выпускников наших аэрокосмических вузов. Анализ показывает, что с точки зрения конкурентоспособности определенные перспективы на мировом рынке будут иметь только ближнемагистральные самолеты типа С-100

(совместная разработка Россия–США, КБ «Сухой-Боинг»), до завершения которой пройдет достаточно много времени.

Возникает вопрос: как в таких условиях при отсутствии прежней массовой востребованности выпускников учебных заведений развивать систему профессионального образования и подготовки кадров специалистов для авиационного производства? Вопрос не простой. Понятно, что есть еще и задачи развития военной авиации, которые, по существу, смыкаются с отмеченными проблемами, так, например, есть общая проблема поддержки высокотехнологичных производств и обеспечивающих их отраслей (к примеру, отечественное производство титана без которого не может обходиться ни авиационная промышленность, ни атомная энергетика сегодня, на 45 % обеспечивает потребности «Боинга» в этом материале).

В стране возникла принципиально новая ситуация в области подготовки специалистов. Ее масштабы, структура, уровни подготовки, содержание и так далее должны быть определены на основании всестороннего предметного анализа в каждой отрасли промышленности исходя из реальных перспектив последних. Без этого сохраняется большая опасность неэффективного использования и без того ограниченных ресурсов как в промышленности, так и в образовании. Остановимся более подробно на этих аспектах применительно к отечественной ракетно-космической отрасли.

В силу практической значимости космическая деятельность всегда направлялась и контролировалась государством. Создание каждой новой ракетно-космической системы, полеты в космос и даже разработка отдельных проектов проводятся в соответствии с государственными программами работ по комплексному освоению и использованию космического пространства в интересах экономики, обороны, науки и международного сотрудничества. Поскольку космическая деятельность – одна из самых дорогостоящих областей в структуре экономики, отдельные части этих программ (военные, гражданские, двойного назначения и т. д.) должны быть сбалансированы и соответствовать возможностям промышленности. Немаловажное значение в 60–80 гг. придавалось и кадровой обеспеченности отрасли, что отражалось в налаживании эффективной системы профессионального образования всех уровней, открытии многих новых направлений подготовки специалистов в ведущих вузах страны, и создания при необходимости новых специализированных вузов (как, например, в г. Красноярске в 1960 г.) с соответствующим ресурсным обеспечением. Впервые бюджет страны был открыто назван «космическим» в 1989 г. и составлял по всем статьям расходов около 7 млрд руб. (~10 млрд долл.). Для сравнения общие расходы США на эти цели в те же годы составляли ~ 30 млрд долл. Успехи в освоении космического пространства тех лет (в СССР была решена половина из примерно 40 приоритетных задач космонавтики), обеспечение, после значительного отставания в 60-х годах, паритета с США в области ракетно-ядерных вооружений – свидетельство особого внимания государства к развитию высокотехнологичных отраслей промышленности.

Объективные оценки показывают, что после разрушительных 90-х гг., когда уровень бюджетного финансирования отрасли упал в 15–20 раз, а производственная деятельность многих предприятий оказалась «замороженной» на годы и, соответственно произошел значительный отток из отрасли квалифицированных кадров, восстановить в ближайшие годы прежний уровень космической деятельности 80-х гг. практически невозможно [3]. Тем большее значение приобретают вопросы реального планирования и обеспечения выполнения федеральных целевых программ. В настоящее время основными из них являются: Федеральная космическая программа России (ФКП); Федеральная целевая программа «Глобальная навигационная система» (ФЦП «Глонасс»); Государственная программа вооружения.

Наличие таких программ, в которых достаточно подробно определены объемы производства по видам техники, исполнители, объемы финансирования по направлениям деятельности, является хорошей основой для планирования подготовки кадров отрасли. Однако ни в одной из трех последних ФКП вопросы кадрового обеспечения не отражались. Основная причина этого – ресурсная необеспеченность не только кадровых, но и чисто производственных вопросов функционирования отрасли. В результате Федеральная космическая программа России на период до 2000 г. (ФКП-2000) выполнена всего на 28,5 %. Фактический объем финансирования программы на 2001–2005 гг. (ФКП-2005) составил 73,7 % от утвержденного, что существенно сократило возможности поддержания орбитальной группировки (ОГ) и развития Ракетно-космического производства (РКП) [4]. Последняя ФКП-2015 (2006–2015 гг.) предусматривает увеличение ОГ отечественных космических аппаратов социально-экономического и научного назначения с 38 до 68–70 ед., общее финансирование которых составляет ~ 300 млрд руб (~ 12 млрд долл.) на 10 лет, что существенно меньше даже ежегодного финансирования гражданских космических программ США (~ 16–17 млрд долл.). В числе серьезных нынешних проблем РКП – высокая степень изношенности производственного, технологического и испытательного оборудования (~ 80 %) и неблагоприятные возрастные показатели персонала предприятий и организаций отрасли.

Сегодняшняя ситуация в отрасли оценивается как время выбора стратегических направлений развития космонавтики после завершения периода борьбы за выживание и преодоление низшей точки кризиса. Основные задачи ФКП-2015 определяют ориентиры в направлениях развития науки и про-

фессиональной подготовки кадров для отрасли на ближайшие годы. На ближайшие 10 лет в отрасли определены и конкретные типы космических аппаратов, автоматических межпланетных станций, ракет-носителей и др., обеспечивающих достойное участие страны в глобальной космической деятельности и в реализации международных проектов. Значительная роль в этих планах отводится Научно-производственному объединению прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева – ведущему в стране производителю спутников связи, навигации и геодезии.

Таким образом, утвержденные до 2015 г довольно конкретные производственно-технологические и экономические параметры отрасли могут являться хорошей основой для формирования концептуальной модели системы кадрового обеспечения не только РКП, но и оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в целом. Сегодня уже очевидно, что не традиционный подход (типовые стандарты), а целенаправленная государственная политика и принятие экстренных мер могут как-то выправить тревожное положение с кадрами в ОПК. Проблемы здесь связаны не только с содержанием образования (в этом отношении даже ФКП-2015 делает вполне определенные ориентиры на перспективу), сколько с формами его организации, обеспечением взаимодействия вузов и предприятий отрасли, условиями привлечения в сферу ОПК талантливой молодежи, а это связано с реальными ресурсами отрасли.

Закон РФ «О космической деятельности» предусматривает годовой объем государственного финансирования отрасли до 1 % валового внутреннего продукта (ВПП). Применительно к 2005 г. этот объем должен был составлять ~ 287 млрд руб. (~11 млрд долл.); – ВВП в РФ в 2005 г. составил 28 704 млрд руб., реальное же финансирование отрасли за 5 лет программы (2001–2005 гг.) равнялось 4 млрд долл. Отсюда и результаты, обусловившие решение в отечественной космонавтике в этот период только ограниченного числа задач и указывающие на реальное отставание страны от мирового уровня в сфере космической деятельности (КД). Оценки показывают, что финансирование КД, определенное программой ФКП-2015, сохранит отмеченную тенденцию [5]. Для стабилизации КД с возможностью наращивания потенциала (приближения к мировому уровню КД), минимальный уровень финансирования не должен быть менее 0,5 % ВВП (для 2006 г. это ориентировочно составляет 6 млрд долл., плановый для этого года объем финансирования равен ~ 1 млрд долл.). Таким образом, сохранение ведущих позиций в области КД продолжает оставаться проблематичным, что предопределяет необходимость ускорения не только приоритетов в космической деятельности, но и радикальных изменений при подготовке кадров. Представляется, что успешное решение последних проблем находится на путях развития целевых форм подготовки специалистов в кооперации учебных заведений и предприятий отрасли с созданием в отрасли реальных стимулов для студентов, проходящих подготовку по этому направлению. Требования к их профессиональному уровню определяются целым рядом специфических особенностей ракетно-космической промышленности. К ним можно отнести:

– сложность, уникальность и высокая стоимость РКТ;

– малая серийность изделий в производстве;

– разнообразие и сложность технологических процессов, требующих проведение НИР и экспериментальных установок высокого уровня;

– широкая внутриотраслевая и межотраслевая кооперация, большое число соисполнителей на всех этапах создания РКТ (проектирование, изготовление, испытание, эксплуатация);

– повышенные требования к качеству, надежности, ресурсу изделий, культуре и организации производства.

Перечисленное можно отнести к традиционным для отрасли особенностям, однако в современных условиях они дополняются целым рядом новых факторов, обусловленных отличиями от прежней научно-технической и производственной политики. Применительно к аэрокосмической отрасли важными факторами становятся конверсия основного производства и существенное изменение его структуры, недостаток государственного финансирования и постоянная инфляция, усиление конкуренции и значительное расширение рынка коммерческих космических услуг (до 90-х годов для нашей страны такого понятия как «коммерческий космос» не существовало), изменение правового поля, регламентирующего космическую деятельность, создание новой кооперации исполнителей на всех этапах жизненного цикла изделий, привлечение частного сектора в космическую деятельность и т. д. Новые обстоятельства диктуют и необходимость новых подходов в постановке профессионального инженерно-технического образования, в содержании которого эти особенности должны теперь находить соответствующее отражение. При ограниченных сроках обучения оптимизация содержания последнего представляется весьма важной.

Реакция отечественной аэрокосмической отрасли на постановку профессионального образования в современных условиях с учетом отмеченных особенностей и необходимостью вывода ракетно-космического комплекса (РКК) на более высокий уровень на мировом рынке КД нашло отражение в ряде сформулированных предложений и принятых документах. Некоторые из них находятся еще в стадии обсуждения, другая часть реализована в масштабе отдельных регионов и крупных научно-производственных объединений. В перечне этих предложений можно отметить:

– необходимость предусматривать в бюджетах Федеральных программ космической деятельности выделение средств на поддержку образовательной и

просветительской деятельности, целевую подготовку специалистов и переподготовку кадров;

– создание на принципах внутриотраслевой и межвузовской интеграции системы аэрокосмических учебно-инновационных комплексов для решения целевой задачи – обеспечение высокого качества подготовки специалистов для аэрокосмической отрасли и других высокотехнологичных направлений;

– переработка действующих образовательных стандартов в сторону усиления профессиональной практической подготовки специалистов, в том числе для работы по международным контрактам;

– реальная ситуация в промышленности, обуславливающая необходимость проявить осторожность в вопросах массового перевода инженерно-технического образования на принципы, сформулированные в Болонской декларации;

– внедрение новых систем приобретения знаний на основе технологий дистанционного образования с использованием современных информационных технологий, применяемых в РКП, в том числе по программам международного сотрудничества;

– реализация ряда пилотных проектов в сфере высокотехнологичных отраслей, например, «Непрерывная подготовка специалистов по современным информационным технологиям для аэрокосмического комплекса», «наукоемкое» машиностроение и др.

Практическая реализация указанных предложений осуществляется по большей мере в инициативном порядке, при этом большей активностью отличаются высшие учебные заведения, а не отрасли и предприятия. Как правило, вузы инициируют большинство идей создают новые структуры и узаконивают их осуществление. Примером могут служить созданный аэрокосмическими вузами и предприятиями Москвы «Российский учебно-научно-инновационного комплекс авиакосмической промышленности» (РУНИКАП) [6], организация работы на предприятиях отрасли базовых факультетов и кафедр аэрокосмических вузов (г. Москва, г. Самара, г. Красноярск и др.).

Анализ проблем в таком актуальном направлении, как совершенствование современного отечественного аэрокосмического образования позволяет сделать выводы:

1. Разработка долгосрочных программ космической деятельности должна сопровождаться созданием моделей системы ее кадрового обеспечения и, в частности, федерально-региональной системы аэрокосмического образования, которая в настоящее время должна носить характер неотложных (экстренных) мер в силу критического состояния дел в этой области. Государственная политика должна предусматривать выделение в бюджетах федеральных космических программ средств на поддержку образовательной деятельности, целевую подготовку специалистов и переподготовку кадров.

2. Специфика отрасли и деятельности предприятий аэрокосмического комплекса в отдельных регионах обуславливают необходимость расширения автономии вузов при формировании образовательных программ с целью обеспечения оперативного реагирования на потребности промышленности.

3. При формировании ГОС нового поколения следует уделить особое внимание вопросам оптимального сочетания фундаментальных и прикладных знаний, знаний в области информационных технологий, усилению профессиональной направленности в подготовке специалистов, с учетом расширения деятельности предприятий аэрокосмической отрасли по международным контрактам.

4. Общественная значимость современной космической деятельности и потребность в ускоренном развитии высокотехнологичных отраслей промышленности требуют в настоящее время создания дополнительных стимулов с целью привлечения способной молодежи в сферу профессионального образования в области наукоемких производств.

Библиографический список

1. Аналитический вестник Совета Федерации. 2006. № 8. С. 5–58.
2. Аэронавтика и космос. 2001. № 4. С. 23–24.
3. Сенкевич, В. П. Потенциал новейших технологий не востребован / В. П. Сенкевич // Полет. 2003. № 6. С. 13–15.
4. Моисеев, Н. Ф. Итоги и перспективы развития космонавтики в России / Н. Ф. Моисеев // Полет. 2005. № 12. С. 3–6.
5. Сенкевич, В. П. Без космонавтики жизнь на Земле не возможна / В. П. Сенкевич // Полет. 2004. № 12. С. 35–40.
6. Алифанов, О. М. Определить стратегию развития / О. М. Алифанов // Военно-промышленный курьер. 2004. № 47. С. 7.

V. V. Philatov

PECULIARITIES OF MODERN STAGE OF AEROSPACE INDUSTRY DEVELOPMENT AND NEW REQUIREMENTS FOR SPECIALISTS TRAINING

Nowadays a number of region enterprises are among leading firms of our country in rocket and space production. Necessity of scientific and personal provision in space projects realization causes the organization of non-standard forms of specialists training.

УДК 36А.043.2.001.3

А. А. Чащина

МЕТАФИЗИКА И ДИАЛЕКТИКА СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

Рассмотрено социальное проектирование как деятельность по созданию и реализации социальных проектов метафизического и диалектического характера.

В настоящее время, социальное проектирование институционализировалось в массово приемлемый вид деятельности: реализовывать и создавать проекты стало элементом массовой деловой и социальной культуры. Рассуждают о платоновском проекте, имея в виду его книги «Государство» и «Законы», говорят о просвещенческом проекте, хотя сами деятели эпохи Просвещения это проектом не называли. Выступает какая-нибудь очередная «поп-звезда» и говорит, что она делает новый проект – выпустит новый диск или напишет шлягер. Это стало одним из самых расхожих современных слов, содержащих признаки инновационности, либеральности и вообще чего-то перспективного. Особенно тревожным оказывается положение в период реализации необдуманных социальных экспериментов, социальных проектов и радикальных реформ.

Современное понятие «проект» сохранило наследие древнего значения. Проект (лат. *projectus* – выступающий вперед) – тип, прообраз предлагаемого объекта. Латинское слово «*projicio*» переводится как «бросаю вперед», «держу перед собой»; «*projectus*» буквально означает «брошенный вперед». Когда говорят о проекте, то имеют в виду мыслительную конструкцию какого-нибудь изменения, которое заранее спланировано и в принципе может быть осуществлено. Такая конструкция может предстать в виде модели, прототипа, прообраза, паттерна и содержит непременный волевой компонент – решимость субъекта осуществить задуманное изменение.

Формирование социального проектирования как деятельности произошло параллельно становлению и развитию общества, последствия проективной деятельности нередко представляют собой опасность для социальной стабильности социумов. Искусственное конструирование будущего всегда было нежелательным явлением для основной массы населения, но в то же время позволяло лоббировать интересы элиты общества. Социальные проекты и сегодня определяются социально-экономическими отношениями и чаще всего реализуются путем навязывания.

Во-первых, современное состояние российского общества в целом характеризуется экономической, демографической, социальной и политической нестабильностью, что ведет к росту реализации социальных проектов трансцендентального характера, но они не решают насущных проблем общественной жизни. Во-вторых, такие проекты не претендуют на истину, но пытаются отразить происходящее в средствах массовой информации, под предлогом свободы слова. В-третьих, в реализуемых социальных проектах всегда присутствует субъективизм и плюрализм мнений, что несет такие негативные последствия как социальная агрессия и дисфункция основных социальных институтов.

Вместе с тем, эти же факторы могут вызывать и положительный резонанс в обществе: усиливать политическую активность населения, экономическую предприимчивость, рационально развивать социальную инфраструктуру и т. п. Так что функционирование и развитие любого общества в результате социального проектирования сопровождается социальными изменениями и активизацией инициативности населения.

Сегодня некоторые проектировщики убеждены, что проектировать можно все: города, образование, науку, космические станции, искусственные органы человека, культуру, даже само проектирование. По сути, на наших глазах складывается глобальная инженерно-проектная картина мира, в ней нет сущностей, которые нельзя было бы спроектировать. На этом этапе социальное проектирование обосновывается посредством распространения идеологии некоторого типа на прогнозирование целенаправленно достигаемых социальных перспектив. Это с неизбежностью предопределяет некоторые социальные деформации, обусловленные несовпадением желаемого и сущего, к социальному и политическому доктринерству, под которое подверстываются различные социальные проекты. Действительно, нередко в ходе проектной деятельности исходные социальные требования и ценности, предъявляемые к проектируемому объекту, или искажаются, или просто не реализуются [1].

Социальное проектирование осуществляется в соответствии со спецификой общества. Реализация социальных проектов следует определенным научным принципам, постепенно, преодолевая традицию утопизма, способствовать созданию жизнеспособных проектов на основе объективной реальности.

Таким образом, безусловная актуальность философского анализа именно социальных аспектов

проектирования и различения метафизических и диалектических типов социальных проектов на фоне увеличивающегося массива публикаций по проблеме социального и культурного проектирования еще раз подчеркивает необходимость специального исследования данной проблемы гуманитарного знания. Проектный подход в философском осмыслении сущности самого проекта представляется нам весьма продуктивным, так как позволяет четко отличить два принципиально разных способа проектирования и показать различие результатов этого проектирования в социальной практике. В настоящее время можно говорить о сведении всех возможных проектов к двум группам в зависимости от познаваемости мира, от отношения ученого к всеобщей связи явлений – метафизическим и диалектическим. Каждому проекту будет соответствовать своя модель мира – универсалистская или космическая. Эти модели предполагают определенные качества мира, на познании которых основывается познавательная активность человека. В рамках метафизического теоретизирования с позиций трансцендентальной реальности могут состояться два типа социальных проектов соответствующих неономиналистской и неореалистской концепциям – проект-описание и проект-план. Проект-описание имеет только информационно-обрабатывающую функцию, выражающуюся в описательной деятельности, т. е. проектировщик не претендует на истинность, он только выражает определенную точку зрения относительно происходящего. Проект-план является выражением свободы воли субъекта проектирования, роль проектировщика заключается в создании, подготовке и реализации проекта в ситуации отвлечения от всеобщей связи явлений, научных методов и исследовательских подходов.

Принимая во внимание диалектический подход, уже невозможно поверить в то, что можно произвольно спроектировать среду. Проектирование оказывается здесь внутренним элементом, компонентом гораздо более сложной системы, в которой взаимодействуют разные типы деятельности. Диалектический научный метод предполагает существование проектов только одного типа: проект-образ. Проект оказывается частной формой преобразования возможной действительности в ряду других средообразующих действий, а проектирование не бывает достаточным, оно довольно парадоксально, так как появляется представление о том, как все должно быть сделано, следовательно, процесс проектирования представляет собой особый вид человеческой деятельности. Объекты проектирования могут включать как материальные (производственные строения, машины и т. д.), так и нематериальные объекты (социальное проектирование). В то же время сам процесс проектирования является нематериальным, характеризуемым как информационно-обрабатывающая деятельность создания информационных моделей планирования технических работ, технических инноваций и выработки множества методов, средств и процедур для их реализации.

Проект-образ требует не только разработки замысла, который включает описание и обоснование проектной идеи, но и использования технологий создания проектной базы, механизма реализации проектной идеи. Проект должен стать мысленно осуществленной деятельностью, благодаря которой можно создать или реформировать ситуацию и привести ее к желаемому виду. Проект-образ должен быть направлен на выработку авторских способов работы, позволяющих приблизить действительную ситуацию к желаемой. Таким образом, проект – это мысленное идеальное решение проблемы в авторской постановке.

Основа субъектно-ориентированного подхода к социальному проектированию выдвинута Ю. Хабермасом, который отмечал, что «в обществе растет сознание морально-политической автономии, а это значит, что и мы сами оказались перед задачей принимать решения о том, что нормально и что нет, основываясь на собственных критериях. Человек создает «полностью индивидуальный жизненный проект», чтобы оставаться самим собой в изменчивой реальности» [2]. Такое рабочее определение вполне соответствует метафизическому пониманию социального проектирования: в нем ясно показана роль субъективного источника проекта – его автора и исполнителя.

При диалектическом определении социального проекта необходимо выделить также его объективно-ценностную природу, не умаляя при этом ведущую роль субъекта проектной деятельности. Диалектическая традиция понимания сущности социального проекта лучше раскрывается в русской философии, в основе которой лежат древнегреческие корни, поскольку и сами понятия, и их обозначения перешли в русскую культуру из Греции через Византию. Гений античной философии Аристотель отмечал: «Так как мы ставим своей задачей исследование человеческого общения в наиболее совершенной его форме, дающей людям полную возможность жить согласно их стремлениям, то надлежит рассмотреть и те из существенных государственных устройств, которые, с одной стороны, пользуются некоторые государства, признанные благоустроенными, и которые, с другой стороны, проектировались некоторыми писателями и кажутся хорошими» [3]. Здесь для понимания понятия «проект» чрезвычайно важно

различение двух проявлений природы государственного устройства, отмеченное Аристотелем, одно их которых формируется естественным образом, учитывая особенности общественного развития, а другое является результатом произвольного проектирования и претворения созданного проекта в жизнь.

Исследовав проблему социального проектирования, считаем возможным сделать следующие выводы:

1. Социальный проект представляет собой связанные определенной зависимостью сознательно разработанные научно обоснованные параметры, дающие знания о желаемом будущем состоянии социальной системы или процесса. Желаемое будущее состояние системы, которое возникает при реализации социального проекта, достигается при наличии определенных финансовых, трудовых, материальных, топливно-энергетических и других условий, а также необходимых интеллектуальных, познавательных, эвристических факторов. Философско-методологическое осмысление сущности социального проекта позволяет отличить два принципиально разных способа проектирования и показать различие результатов этого проектирования в социальной практике. Согласно универсалистской модели мира и метафизическому методу проект предстает как свободный объект, т. е. своеобразная фикция, возникающая вследствие отвлечения от всеобщей связи явлений. Согласно космической модели мира и диалектическому методу проект оказывается внутренним элементом, компонентом более сложной системы, в которой взаимодействуют различные типы деятельности.

2. Теоретический анализ социального проектирования сочетается с многообразием социальной практики разработки и реализации социальных проектов. Социальная практика может быть следствием реализации свободы воли субъекта или детерминированной субъективными факторами и объективными условиями жизни общества. Социальный проект также детерминирован объективными условиями и субъективными факторами, к которым можно отнести общественную необходимость в целенаправленном изменении и развитии социальных систем или социальных объектов, их свойств или взаимоотношений, в реализации конструктивного характера социальных процессов, в снижении уровня социальной деструкции, социальной энтропии, неупорядоченности, неорганизованности и нестабильности. Наряду с данными факторами, можно выделить и предпосылки, которые выступают внутренними детерминантами социального проектирования и предполагают многофакторность, вариативность социальных процессов, возрастание необходимости разработки соответствующих специальных теорий социального проектирования, обобщающих эмпирический опыт и философско-методологическую базу в этой области.

3. Социальное проектирование предполагает теорию социальных изменений, сочетающуюся с практикой социальных преобразований. Социальная практика допускает социальные последствия, в то же время она раскрывает необходимость социального проекта. Стратегической целью социального проекта является создание оптимальной организации социальных отношений с учетом объективных условий жизнедеятельности различных социальных групп и обществ. Альтернативность типов социального проектирования планирует прежде всего адекватность каждого типа социального проектирования соответствующему типу социальной практики. Социальная практика актуализирует тот или иной тип социального проектирования и адекватную ему методологию. При этом в любом случае оказывается существенной как компетентность теоретика, так и некомпетентность социума, занимающегося практической реализацией социального проекта.

4. Социальное проектирование может осуществляться как социальное конструирование реальности в неономиналистском плане, когда проект выступает как попытка осознания стихийно реализующихся процессов; а также в неореалистском плане как социальная инженерия, когда социальный проект осуществляется под заранее сформированный социальный заказ. Для социальной инженерии и социального конструирования свойственны методики и техники субъективного изобретения социальной реальности, соответствующие метафизической традиции.

Если социальный проект выступает как не имеющий самостоятельного бытия вне своего объективного прообраза, то этот проект принимает статус образа действительности, т. е. прообразом его является социальная действительность в целостности и противоречивости ее внутренних и внешних связей. Если же социальный проект конструируется субъектом проектирования по принципу свободы воли и выступает как существующий безотносительно к сложности социальной действительности, то мы имеем дело с репрезентацией действительности, и в этом случае социальный проект выступает как трансцендентальная реальность. Доказано, что истинность социального проекта определяется ее соответствием типу общественного развития и в этом смысле истинность социального проекта выступает как характеристика проекта в качестве образа действительности или как характеристика проекта в качестве репрезентации действительности.

Социальный проект как образ действительности должен отвечать требованиям реализации объективных законов природы и общества, соот-

ветствовать действительности в контексте всеобщей связи явлений. Социальный проект как образ соответствует принципу диалектического детерминизма, где учитывается необходимость антиэнтропийного процесса, направленного на преодоление социальной энтропии. Социальный проект как репрезентация действительности удваивает мир в качестве трансцендентальной реальности и, в соответствии с метафизическим теоретизированием, становится актуальным прежде всего для западного общества.

Согласно неореалистскому направлению, социальный проект предполагает сознательно осуществляемую последовательность действий, репрезентирующих некоторый идеальный конструкт, и в этом случае данная деятельность выступает как существование социального проекта и как воплощение социальной технологии в рамках социальной инженерии.

В контексте неономиналистской традиции понятие «проект» выступает как комментарий некоторой последовательности стихийно реализующихся действий. Следовательно, существования проекта, различаемые неономиналистами, являются ничем иным, как описаниями различных процессов, репрезентирующихся социальными проектами в рамках социального конструирования.

Создание успешного социального проекта во многом предопределяет сохранение собственных самобытных культурных особенностей, прежде казавшихся исключительно препятствием развитию. Проблема социальных трансформаций для своего обсуждения нуждается не только в планировании на макроуровне, но и в микроанализе того, как это происходит на уровне каждой страны и даже по-разному развитых регионах.

Проект не может состояться вне определенного типа культуры. В условиях некоторых типов культуры формируется только лишь соответствующий данному типу общества социальный проект. Существенно, что каждому обществу соответствует свой тип социального проекта и принцип его реализации. В коллективистском обществе проект предстает в качестве образа действительности и реализуется по принципу совершенства общественных отношений в условиях всеобщей связи явлений. Социальный проект коллективистского общества выступает как отрицательный вклад в социальную энтропию. В индивидуалистическом обществе проект предстает в качестве паттерна трансцендентальной реальности и реализуется по принципу свободы воли.

В настоящее время социальные проектировщики, к сожалению, обладают еще довольно низкой проектной культурой. Отчасти это объясняется тем, что к социальному проектированию приходят либо социологи, экономисты, культурологи, как правило, не знакомые с проектированием вообще, либо, напротив, архитекторы, инженеры, дизайнеры, системотехники, слабо ориентирующиеся в социально-гуманитарных науках. В своей работе социальные проектировщики реализуют следующие проектные процедуры. Во-первых, они замышляют новый объект, новое качество социальной жизни; во-вторых, учитывают и согласовывают требования, предъявляемые к объекту, переводят эти требования в характеристики проектируемого объекта, создают варианты этого объекта, определяют его основные элементы и связи и т. д. [4].

Анализ показывает, что эти проектные процедуры, которыми собственно и ограничивается проектная культура современного социального проектировщика, имеют свои особенности. Замышляя объект, социальный проектировщик, как правило, реализует в объекте прежде всего свои ценности и требования, чаше не замечая или игнорируя ценности и требования других «потенциальных участников» проектирования (заказчика, потребителя, согласующих инстанций). Другая особенность – новый объект понимается и замышляется не столько исходя из знания его социальной и культурной природы, сколько из существующих прототипов, т. е. сложившихся в культуре или уже спроектированных образцов. На стадии разработки эта же особенность проявляется в том, что задание и описание основных элементов и связей объекта происходит конструктивным способом, причем отношения и связи не столько реально порождаются, строятся, сколько приписываются как существующие на самом деле.

При всем разнообразии стандартов научного, религиозного или философского теоретизирования, основными, на наш взгляд, являются диалектический и метафизический. Согласно первому в основу всеобщей связи явлений ставятся объективные законы развития природы, общества и мышления. Тип социального проектирования, в основу которого приняты данные принципы всеобщей связи явлений, можно определить как диалектический. Метафизический стандарт теоретизирования, несмотря на многообразие его исторических проявлений, основан на принципе отвлечения от всеобщей связи явлений и является базисом для такого типа социальных проектов, сутью которых становится теоретическое оформление произвольно сконструированных и технологически произведенных программ, планов и реформ. Свободные от всеобщей связи явлений субъекты такого теоретизирования выступают как произвольные деятели, пренебрегающие объективными законами действительности.

Междисциплинарный характер социального проектирования как системы теоретических по-

ложений сочетается с многообразием практики разработки и реализации социальных проектов. Социальная практика может быть навязана или объективно необходима. Социальное проектирование – это практическая теория социальных изменений, или теоретическая практика социальных преобразований, которая предполагает социальные последствия, в то же время она предшествует социальному проекту. Конечной стратегической целью социального проекта является создание оптимальной общности организации коллективных отношений с учетом объективных условий жизнедеятельности различных социальных групп и обществ. Социальное проектирование как вид научной и социальной деятельности человека формируется с конца XX в. Это новый формирующийся вид деятельности, направленный на создание социальных объектов, использующий для этого все современные средства: методологические знания о проектировании и социальных науках, элементы нововведений, деловые игры и социальный эксперимент.

Социальный проект детерминирован объективными условиями и субъективными факторами, к которым можно отнести общественную потребность в целенаправленном изменении и развитии социальных систем или социальных объектов, их свойств или взаимоотношений, в реализации конструктивного характера социальных процессов, в снижении уровня социальной деструкции, социальной энтропии, неупорядоченности, неорганизованности и нестабильности. Наряду с данными факторами можно выделить и предпосылки, которые выступают внутренними детерминантами социального проектирования. В числе этих детерминант укажем многофакторность, вариативность социальных процессов, возрастание потребности создания единой теории социального проектирования, обобщающей эмпирический опыт и теоретические разработки в этой области.

Социальный проект как источник информации представляет собой связанные определенной зависимостью сознательно разработанные научно обоснованные характеристики, дающие конкретные знания о будущем желаемом состоянии социальной системы или процесса. В проекте отражено будущее желаемое состояние системы, которое возникает при определенных действиях людей, наличии определенных финансовых, трудовых, материальных, топливно-энергетических и других ресурсов, в том числе интеллектуальных, познавательных, эвристических, ценностных.

Социальное проектирование следует отличать от конструирования. Для проектировочной деятельности исходным является социальный заказ, общественная потребность в создании определенных объектов [5]. Для социальной инженерии и социального конструирования свойственны методики и техники субъективного изобретения социальной реальности метафизической традиции. Если социальный проект рассматривается как не имеющий самостоятельного бытия вне своего объективного прообраза, то этот проект принимает статус образа, прообразом которого является социальная действительность в целостности и противоречивости ее внутренних и внешних связей. Если же социальный проект конструируется субъектом проектирования по свободному произволу и провозглашается существующим безотносительно к сложности социальной жизни, мы имеем дело не с образом, а с репрезентацией социальности, не с объективной, а с трансцендентальной реальностью.

При этом альтернативность типов социального проектирования не должна сводиться исключительно к абсолютизации их антагонизмов и подчеркивания их непримиримости. Более продуктивной будет позиция взаимопонимания и взаимодействия этих действительно различных типов проектирования, что в социальной практике должно проявиться как компетентный подход в реализации социальных проектов, соответствующих своему определенному типу общественного развития.

Специфика социального проекта как образа действительности во многом определяется некоторыми особенностями русского философского мышления, одна из которых является представление о том, что истина связана не со словом, а с образом. Социальный проект как образ действительности должен органично встраиваться в совокупность объективных законов природы и общества, соответствовать действительности в контексте всеобщей связи явлений, характерной для диалектической традиции осмысления мира.

Социальный проект как репрезентация удваивает мир на основе трансцендентальной реальности и метафизическим теоретизированием, характерным для западного общества. В контексте метафизического метода, его неореалистского или неономиналистского направлений, различение сущности проекта выступает как нечто примышленное и приписываемое миру как репрезентация. Согласно неореалистскому направлению, проект выступает как сознательно осуществляемая последовательность действий, репрезентирующих некоторый идеальный конструкт. В контексте неономиналистской традиции понятие «проект» выступает как имя, комментарий некоторой последовательности стихийно реализующихся действий. Следовательно, существования проекта, различаемые неономиналистами, являются ничем иным, как описаниями различных вещей, репрезентирующими проектирование. Некоторые социальные проекты идеального общества – утопии – являются типом социальных проектов как репрезентаций действительности. Реальный недостаток утопии в том, что она предупреждает, но не решает проблемы выработки представления о

гармоничном развитии общества и не предлагает альтернативного варианта выхода из проблемной ситуации.

Социальное проектирование должно осуществляться в соответствии со спецификой общества, отражать его культурно-историческое своеобразие. В коллективистском обществе проект предстает в качестве образа действительности и реализуется по принципу совершенствования общественных отношений в целях их гармонизации. В индивидуалистическом обществе проект предстает в качестве паттерна трансцендентальной реальности и реализуется по принципу свободы воли.

Таким образом, истинность социального проекта определяется его соответствием типу общественного развития и в этом смысле выступает как характеристика проекта как образа действительности или как характеристика проекта как репрезентации действительности. Реализация социальных проектов должна строго следовать научным принципам и способствовать созданию жизнеспособных проектов на основе объективной реальности. Невозможно выстраивать будущую социальную жизнь, опираясь на возникшие в результате некритичного самовозвеличивания проекты и цели социального конструирования. История заставляет человечество признать, что благие цели, рационально выверенные средства их достижения нередко приводят к преступлениям, а достижение чистых идей формирует бесчеловечную, аморальную социальную практику. Создание социальных проектов должно стать деятельностью по поддержанию социальных технологий воспроизводства жизни на основе высоких социальных образцов, социального знания, ценностей общественного блага и истины.

В коллективистском обществе проект предстает в качестве образа действительности и реализуется по принципу объективной необходимости в условиях всеобщей связи явлений. Социальный проект коллективистского общества выступает как отрицательный вклад в социальную энтропию. В индивидуалистическом обществе проект предстает в качестве паттерна трансцендентальной реальности и реализуется по принципу волюнтаризма, персонализма, лоббирует интересы и потребности правящего класса.

В целом же, исходя из диалектического видения реальности, в частности из синергетических установок, необходимо признать, что социальный проект для России в современных кризисных условиях заключается в следовании, во-первых, собственным внутренним тенденциям развития и, во-вторых, вызову времени, тенденциям развития современной мировой цивилизации. При этом необходимо иметь в виду, что глубинное ядро отечественного социального проекта как образа действительности существенно более универсально, космично не только по сравнению с западноевропейским, но и другими сопоставимыми цивилизационными проектами.

Библиографический список

1. Глазычев, В. Л. Язык и метод социального проектирования / В. Л. Глазычев // Социальное проектирование в сфере культуры: методологические проблемы. М. : Наука, 1986. С. 217.

2. Хабермас, Ю. Демократия. Разум. Нравственность: Московские лекции и интервью / Ю. Хабермас. М. : Просвещение, 1998. С. 88.

3. Аристотель. Соч. : в 4 т. М. : Мысль, 1983. С. 483.

4. Розин, В. М. Что такое социальное проектирование? / В. М. Розин // Философские науки. 1989. № 10. С. 51–68.

5. Толланд, Л. Методологические аспекты системного проектирования / Л. Толланд, И. Пейша // Вопросы философии. 1987. № 2. С. 27–42

6. Каменев, А. С. Синергетические аспекты учений русских космистов [Электронный ресурс] / А. С. Каменев. Электрон. дан. Режим доступа: http:// www.mgpu.ru. Загл. с экрана.

A. A. Chaschina

METAPHYSICS AND DIALECTIC OF SOCIAL PROJECTS

It is considered the social projecting as action of making and delivering of social projects of metaphysical and dialectical character.

УДК 669.2.018.674; 669.2.02/.09

В. С. Чекушин, Н. В. Олейникова

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ[1]

Предложена классификация металлургических процессов производства тяжелых цветных металлов, представляемых как совокупность подготовительно-обогатительных, восстановительных и рафинировочных переделов. Особое внимание уделено сущности восстановления металлов из кислородных соединений. Рассмотрена возможность восстановления металлов непосредственно из их сульфидных соединений с использованием электронодонорных способностей сульфидной серы.

Технологические процессы переработки металлсодержащего минерального сырья вне зависимости от его вещественного состава характеризуются наличием определяющей операции восстановления извлекаемого металла и сопутствующих металлов [1]. В целом формирование данных технологий определяется вещественным составом минерального сырья и содержанием целевого элемента (см. рисунок).

Рис. 1 Блок-схема технологий переработки минерального металлсодержащего сырья

Минеральное сырье может быть разделено на два типа:

– представленное кислородными соединениями извлекаемых металлов (оксидами, гидроксидами, силикатами, ферритами и пр.);

– представленное серосодержащими соединениями металлов, преимущественно сульфидами.

Первый тип относится к окисленным рудам, а второй – к сульфидным.

Важнейшим показателем качества сырья является содержание целевого компонента (компонентов), его моно- или полиметалльность. Содержание извлекаемых тяжелых цветных металлов в рудах изменяется от единиц, десятков и сотен граммов на тонну (золото и серебро) до нескольких процентов. Что касается полиметалльности, то она в большинстве случаев присуща разнообразным видам минерального сырья.

В основе подготовительных процессов переработки минерального сырья лежит комплекс механических воздействий на крупнокусковой рудный материал, приводящих к уменьшению геометрических размеров его частиц примерно в 4 000 раз на переделах дробления, измельчения и классификации [2]. Требуемая конечная крупность материала необходима для эффективного решения последующих задач гравитационного и флотационного обогащения, обжига, плавки и выщелачивания в водных средах.

С учетом исходного содержания целевых компонентов в сырье, необходимая степень его обогащения изменяется в широких пределах (от 200 000 до 200 раз), и, следовательно, роль и масштабность обогатительных переделов при производстве тяжелых цветных металлов также меняется. При обогащении минерального сырья используется значительное число приемов и методов, базирующихся на разнообразных физико-химических воздействиях на исходный материал и отличающихся по условиям реализации.

Для обогащения сульфидных, смешанных и некоторых окисленных моно- и полиметаллических руд широко применяются гравитационные [3] и флотационные [4] методы. В частности, к ним можно отнести следующие методы:

– основанные на природных физических свойствах веществ, содержащих извлекаемый элемент (гравитационные, электромагнитные);

– использующие природные физико-химические свойства веществ, выраженные в их гидрофобности (отсутствии «сродства к воде») – (флотационное обогащение).

Гравитация при переработке золотых, оловосодержащих руд и др. обеспечивает степень обогащения по извлекаемому элементу в 10..50 раз, флотация – в 10…70 раз.

Гравитационные процессы не связаны с каким-либо химическим воздействием на вещества, содержащие целевой компонент. Эти процессы осуществляются в твердо-жидкой системе с выделением в конечном счете тяжелой фракции – концентрата целевого компонента и, как правило, неотвальных хвостов.

Что касается флотационного обогащения, то оно реализуется в водных пульпах, содержащих растворимые и нерастворимые вещества, взаимодействующие с обнаженной поверхностью зерен минералов с целью ее химической активации для

[1]Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

эффективного аэролифтного выделения гидрофобных составляющих, которое приводит к разделению фаз и получению концентратов и отвальных хвостов. Физико-химические процессы, сопровождающие флотацию, характеризуются малой реагентоемкостью и незначительными энергозатратами и сопровождаются незначительными превращениями на гидрофобной поверхности минерала в ее мономолекулярном слое.

Использование металлургических приемов обогащения минерального сырья продиктовано необходимостью создания условий для обеспечения глубокого извлечения целевых компонентов по мере повышения содержания последних в продуктах обогащения. Эти процессы можно разделить на высокотемпературные (пирометаллургические) и низкотемпературные (гидрометаллургические).

Металлургические процессы с участием сульфидных концентратов металлов отличаются от обогатительных процессов глубиной и степенью превращений целевых и сопутствующих им компонентов и реализуются с участием твердых и газообразных (прежде всего кислорода) реагентов, а также водных растворов реагентов. Как правило, они характеризуются значительным расходованием реагентов, что приводит к глубоким изменениям состава веществ, содержащих целевой компонент и веществ, сопутствующих ему, в том числе породообразующих. Эти процессы характеризуются формированием соответствующих фаз, одна из которых содержит целевой металл (металлы) в виде соответствующих соединений (сплавов сульфидов, водных растворов соединений металлов), а другая – выводимые из процесса обогащения промышленные продукты (сплавы силикатов, нерастворимые остатки выщелачивания) [1].

Задачей, реализуемой металлургическими процессами, является формирование фазы, содержащей целевой компонент (сплавы сульфидов), и сокращение массы фазы отвальных продуктов вследствие их химических превращений – окисления части сульфидов, например, при конвертировании штейнов. Различие физико-химических свойств двух сопряженных фаз (сульфидов и оксидов) позволяет их эффективно разделять [5].

Другим направлением металлургического обогащения является создание условий для формирования фазы, концентрирующей целевой компонент, например, при сульфидировании окисленных никелевых руд, с концентрированием никеля, кобальта и части железа в сульфидной фазе с соответствующим обогащением вновь созданной фазы, чтобы увеличить в ней содержание целевого металла [6].

Завершающим этапом рассмотренных выше процессов металлургического обогащения является формирование химических соединений, содержащих целевой металл и пригодных для участия в восстановительных процессах, – кислородных соединений металлов, например, при окислительном обжиге никелевого файнштейна намертво, окислительном обжиге сульфидных свинцовых концентратов намертво, частичном окислении сульфидов меди при конвертировании белого матта, частичном окислении сульфидов свинца при реакционной плавке [7; 8].

Химическое воздействие на вещества, входящие в состав сырья, содержащего целевые компоненты, как правило, связано с фазовыми переходами, в результате которых образуются и сосуществуют расплавленные сопряженные фазы и газовая фаза (шлако-штейновая система и серосодержащая газовая фаза), водные твердо-жидкие пульпы выщелачивания и парогазовая фаза. В результате осуществления этих процессов формируется целевой продукт, содержащий извлекаемый компонент, а также отвальные продукты (расплавленные фазы, нерастворимые остатки выщелачивания и газообразные продукты). Химические превращения для подготовки материала к восстановительным процессам также связаны с образованием твердых и расплавленных фаз или водного раствора соединений металла.

Классификация химических воздействий на материалы непосредственно связана с состоянием исходных соединений, содержащих извлекаемый компонент. Например, металлургическое обогащение сульфидных флотационных концентратов включает окислительное воздействие кислорода с накапливанием кислородных соединений металлов (прежде всего железа) и газообразных веществ (SO_2 и SO_3). Кислородные соединения железа в совокупности с вводимыми SiO_2 и CaO образуют плавкие и невязкие шлаки. Однотипность продуктов металлургического обогащения характерна для сульфидных медь-, никель-, свинец- и сурьмусодержащих материалов.

Химическое воздействие на окисленные никелевые руды, связанное с металлургическим обогащением, включает восстановительную обработку материала продуктами неполного сгорания углерода кокса, углеводородами и пр. с параллельным сульфидированием кислородных соединений никеля, железа и меди. Процесс сопровождается формированием сульфидной фазы (сплава сульфидов этих металлов), которая может быть отделена от расплава оксидных соединений, образующих шлаковую фазу. Дальнейшее металлургическое обогащение связано с уменьшением содержания железа и серы в штейновой фазе за счет окисления и образования их соответствующих кислородных соединений.

Гидрометаллургическое обогащение в основном ориентировано на избирательный перевод целевых компонентов в водные растворы, т. е. получение жидких концентратов интересующих

металлов. При этом нерастворимый остаток является отвальным продуктом.

Обогатительные металлургические процессы завершаются получением твердых или водорастворимых соединений металлов. Содержание металлов в твердых продуктах достигает 60…85 % [6; 8; 9], а содержание металлов в растворах – от нескольких до сотен граммов на литр. Вещественные составы химических соединений металлов в продуктах разнообразны. Однако для большинства тяжелых цветных металлов твердые продукты представлены оксидами или оксидно-сульфидными композициями, а для водных сред – сульфатами, хлоридами и пр.

Исторически сложилось так, что в практике восстановления металлов из минерального сырья и промышленных продуктов базовыми соединениями являлись кислородные (оксиды, силикаты, карбонаты, ферриты и др.), а в качестве восстановителей использовались прежде всего углеродсодержащие реагенты (металлургический кокс, углеводороды), в меньшей степени – водород, реагенты металлической природы (железо, алюминий и пр.), сульфидная сера. Следует отметить, что процесс восстановления тяжелых цветных металлов с участием углеродных, углеводородных восстановителей, а также водорода может осуществляться в системах «твердое тело – газ» или «расплав химических соединений металлов – газ», с соответствующим получением газообразных продуктов окисления реагента-восстановителя [1].

Особенностью процессов металлизации тяжелых цветных металлов является то, что по причинам термодинамического и кинетического характера они реализуются в условиях высоких температур (более 1 000 єС). В результате формируются расплавленные металлические, шлаковые фазы и газообразные продукты. Что касается шлаков, то они в основном представлены кислородными соединениями железа с оксидами кремния и кальция. Газовая фаза преимущественно содержит кислородные соединения углерода (при использовании углеродных и углеводородных восстановителей), пары воды.

Развиваемое в последнее время направление, связанное с использованием в качестве восстановителя сульфидной серы неразложившихся сульфидных соединений металлов, представляется чрезвычайно важным по следующим причинам [8]:

– процесс осуществляется в конденсированных системах с участием твердого или расплавленного кислородного соединения восстанавливаемого металла и расплава сульфида металла (кислородное соединение погружено в расплав восстановителя – сульфида металла);

– используется восстановительная способность сульфидной серы, поэтому нет необходимости введения восстановителя извне;

– процесс восстановления совмещен с окислением части сульфидов, и, соответственно, с тепловыделением, обеспечивающим разогрев системы, расплавление ее компонентов и протекание восстановительных реакций.

Таким образом, обогатительные и восстановительные металлургические процессы характеризуются тем, что удаление железа и породообразующих веществ осуществляется в виде шлаков, представленных кислородными соединениями. В свою очередь присутствующая сульфидная сера окисляется до S^{4+} и S^{6+} и удаляется в виде газообразных соединений. Пирометаллургические процессы переработки сырья характеризуются использованием высоких температур, приводящих к энергонапряженности работы металлургических агрегатов. Извлечение металлической фазы при этом составляет 97…99 % [1].

Большинство методов рафинирования металлов основано на сохранении полученной металлической фазы. Очистка от примесей связана с использованием ликвационных приемов, обеспечивающих образование дроссов на поверхности или в объеме расплава после его обработки реагентами (вмешивание, барботирование газов), в том числе окислителями. В основном это гетерогенные процессы, результатом которых является образование новой фазы [1].

Кроме методов огневого рафинирования, используется и электролитическое рафинирование [10], связанное с анодным растворением извлекаемого металла в водных средах с попутным накапливанием электроположительных примесей и формированием шламового анодного продукта. Этот продукт представлен металлами, интерметаллидами и химическими соединениями, содержащими в своем составе электроотрицательные компоненты, которые присутствуют в рафинируемом металле. Получаемый металл катодно восстанавливается с образованием продукта, соответствующего требованиям стандарта и рынка.

Исследования авторов связаны с дальнейшим совершенствованием восстановительных процессов в металлургии тяжелых цветных металлов в следующих направлениях:

– снижения экологической напряженности, связанной с исключением традиционных газообразных выбросов, а также с уменьшением выходов шлаковых продуктов;

– снижения энергетической напряженности из-за уменьшения температуры восстановительных процессов;

– снижения совокупных капитальных и эксплуатационных затрат на осуществление процессов.

Совершенствование восстановительных процессов в металлургии тяжелых цветных металлов может быть реализовано при отказе от идеологии использования для получения металлических фаз кислородных соединений металлов в качестве базовых веществ. Использование же сульфидных соединений металлов ориентировано на металлизацию, когда в качестве восстановителя выступает собственная сульфидная сера. Ее электронодо-

норные свойства известны, однако завершенность процесса не должна быть связана с получением элементарной серы. Решающую роль в развитии окислительно-восстановительных реакций, сопровождающих получение металлических фаз, играет среда, способная связать продукты окисления сульфидной серы. В качестве такой среды авторами предложена щелочь NaOH, в расплаве которой легко протекают реакции диспропорционирования элементарной серы с образованием нелетучих соединений S^{2-} и S^{6+}. Химизм этих процессов может быть описан следующими уравнениями реакций:

$$MeS \leftrightarrow Me^0 + S^0 \quad (1)$$

$$4S + 8NaOH = 3Na_2S + Na_2SO_4 + 4H_2O \quad (2)$$

Термодинамический анализ вероятности восстановления некоторых металлов непосредственно из сульфидных соединений свидетельствует о том, что в щелочной среде эти процессы осуществимы в условиях сравнительно низких температур (350…700 єС) [11; 12]. Термодинамические данные получили экспериментальное подтверждение при восстановлении свинца [13; 14], меди, никеля и кобальта [15] из синтетических и природных сульфидов.

Таким образом, в данной статье проведена дифференциация процессов, сопровождающих производство тяжелых цветных металлов из минерального сырья с выделением трех основных переделов: подготовительных операций, восстановления металлов и их рафинирования; проанализирована сущность каждого из них; рассмотрена возможность восстановления металлов непосредственно из сульфидных соединений с использованием в качестве восстановителя собственной сульфидной серы.

Библиографический список

1. Гудима, Н. В. Краткий справочник по металлургии цветных металлов / Н. В. Гудима, Я. П. Шейн. М. : Металлургия, 1975. 536 с.

2. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / под ред. О. С. Богданова, В. А. Олевского. М. : Недра, 1982. 366 с.

3. Шохин, В. Н. Гравитационные методы обогащения / В. Н. Шохин, А. Г. Лопатин. М. : Недра, 1980. 400 с.

4. Фишман, М. А. Практика обогащения руд цветных и редких металлов / М. А. Фишман, Д. С. Соболев. М. : Металлургиздат, 1957. 595 с.

5. Ванюков, А. В. Теория пирометаллургических процессов / А. В. Ванюков, В. Я. Зайцев. М. : Металлургия, 1993. 384 с.

6. Резник, И. Д. Никель : в 3 т. Т. 1 / И. Д. Резник, Г. П. Ермаков, Я. М. Шнеерсон. М. : Наука и технологии, 2004. 384 с.

7. Ванюков, А. В. Комплексная переработка медного и никелевого сырья / А. В. Ванюков, Н. И. Уткин. М. : Металлургия, 1988. 432 с.

8. Лоскутов, Ф. М. Металлургия свинца / Ф. М. Лоскутов. М. : Металлургия, 1965. 528 с.

9. Мечев, В. В. Автогенные процессы в металлургии / В. В. Мечев, В. П. Быстров, А. В. Тарасов и др. М. : Металлургия, 1991. 413 с.

10. Баймаков, Ю. В. Электролиз в гидрометаллургии / Ю. В. Баймаков, А. И. Журин. М. : Металлургия, 1982. 376 с.

11. Чекушин, В. С. Термодинамика и кинетика восстановление свинца / В. С. Чекушин, С. П. Бакшеев, Н. В. Олейникова // Современные наукоемкие технологии. М., 2005. № 3. С. 42

12. Олейникова, Н. В. К вопросу восстановления металлов из сульфидных соединений / Н. В. Олейникова, В. С. Чекушин, С. П. Бакшеев // Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота. Красноярск, 2006. С. 161.

13. Олейникова, Н. В. Восстановление свинца из сульфидных концентратов / Н. В. Олейникова, В. С. Чекушин, С. П. Бакшеев // Современные технологии освоения минеральных ресурсов. Красноярск, 2006. С. 418.

14. Пат. 2283884 Российская Федерация Способ получения чернового свинца / В. С. Чекушин, С. П. Бакшеев, Н. В. Олейникова. № 2005108469 ; заявл. 25.03.05 ; опубл. 20.09.06, Бюл. № 26.

15. Пат. 2254385 Российская Федерация Способ восстановления меди из сульфидных соединений / В. С. Чекушин, С. П. Бакшеев, Н. В. Олейникова. № 2004103641 ; заявл. 09.02.04 ; опубл. 20.06.05, Бюл. №17.

V. S. Chekushin, N. V. Oleynikova

THE CONCEPT OF MODERN TECHNOLOGIES FORMATION FOR HEAVY NONFERROUS RAW MATERIAL PROCESSING

Classification of heavy nonferrous metals metallurgical process during manufacturing is represented as a combination of preparation-concentrating, recovering and refining repartitions. The special attention is paid to the essence of metals recovering from oxygen compounds. The opportunity of metals recovering directly from their sulphide compounds with the use of electric-donor abilities of sulfur is examined.

УДК 622.271

Е. В. Черепанов

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА РУДНЫХ КАРЬЕРАХ, ИМЕЮЩИХ ОТСТАВАНИЕ ПО ВСКРЫШЕ

Рассмотрены методики расчета параметров технологии горных работ на рудных карьерах, имеющих отставание по вскрыше. Данные методики учитывают объем руды и вскрыши в границах карьера на современном этапе эксплуатации, производительность комплексов оборудования, годовой объем добычных и вскрышных работ.

Вскрышные работы в карьере производят с целью создания нормальных условий для добычи полезного ископаемого заданного количества и качества, при этом лучше всего, если данные условия создаются при минимальных затратах. Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирование рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке. Однако нередки случаи, когда в результате нарушения законов развития карьерного пространства на карьерах происходит неплановое накопление объемов вскрыши. Этот процесс принято называть отставанием вскрышных работ от проектного положения. Для ликвидации вскрышного отставания (ЛВО) нужно выполнить определенный объем вскрышных работ для формирования на всех уступах рабочих площадок, обеспечивающих создание в карьере нормативного готового к выемке запаса горной массы [1]. Доказано, что моментом окончания ЛВО должен стать выход горных работ на проектное положение [2]. Чтобы запланировать производственные показатели карьера при удалении накопленных объемов вскрыши, нужно знать период времени, в течение которого будут проведены все необходимые работы, и количество привлекаемого оборудования. Однако в период формирования нормальной рабочей зоны карьера извлекают не только пустую породу, но и руду. Поэтому необходимо провести расчеты с учетом одновременного производства добычных и вскрышных работ в заданных объемах и работ по ЛВО. При этом необходимо учесть такие важные принципы ведения горных работ на карьерах, как перенос объемов вскрыши на более поздние периоды, обеспечение равномерного режима горных работ и минимальных затрат.

Расчет продолжительности периода ЛВО и количества необходимого оборудования может быть проведен по методике, изложенной ниже.

1. По разрезу карьера (рис. 1), на котором вскрышное отставание представлено временно нерабочим бортом высотой $H_{в.н.б}$, разделив его на условные этапы по глубине, проводят горно-геометрический анализ по методу А. И. Арсентьева [3]. При этом объем первого этапа равен фактическому объему вскрышного отставания на момент проведения расчетов. Глубина карьера – $H_к$, мощность рудной залежи – $B_р$.

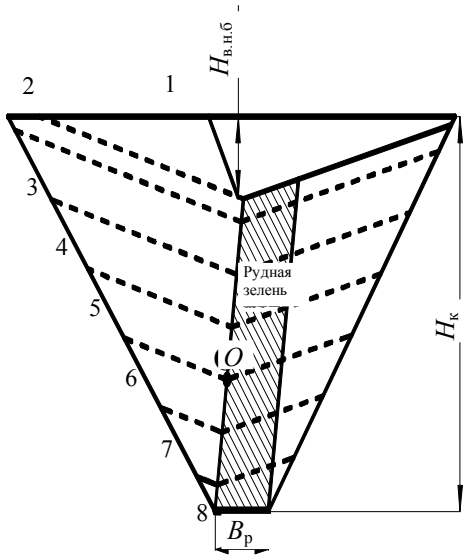


Рис. 1. Разрез карьера с отставанием вскрышных работ: 1…8 – расчетные этапы

2. Рассчитывают сроки отработки объемов руды и вскрыши исходя из проектной производительности карьера по руде и количества вскрышного оборудования, работающего на каждом этапе.

Рациональное количество комплексов вскрышного оборудования можно определить по условию

$$N_{к.о} \le \frac{B_{ср} \cdot L_к}{A_э \cdot L_{к.о}}, \quad (1)$$

где $B_{ср}$ – средняя ширина рабочей зоны карьера в оцениваемом этапе отработки, м; $L_к$ – средняя длина карьера, м; $A_э$ – ширина блока панели, м; $L_{к.о}$ – длина блока панели для работы одного комплекса оборудования, м.

3. Продолжительность отработки объемов руды и вскрыши представляют как кумулятивные графики времени вида

$$\sum_{i=1}^{n} H_i = \sum_{i=1}^{n} T_i^P, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} H_i = \sum_{i=1}^{n} T_i^V, \quad (3)$$

где H – глубина этапа, м; T_i^P, T_i^V – время отработки руды и вскрыши соответственно, лет; n – количество оцениваемых этапов.

Точка пересечения кумулятивных графиков определяет период ЛВО и глубину карьера, на

которой будет сформирована рабочая зона с нормальными параметрами (рис. 2).

Проведем расчет периода ЛВО по предложенной выше методике для карьера длиной 2 000 м, глубиной $H_к$ = 380 м, отрабатывающего рудную залежь мощностью $B_р$ = 100 м и имеющего временно нерабочий борт высотой $H_{в.н.б}$ = 80 м, который был сформирован в результате отставания вскрышных работ. Проектная производительность карьера по руде – 2 000 тыс. м^3/г; производительность комплекса – 1 400 тыс. м^3/г. Для обеспечения равномерного режима горных работ в период ЛВО для отработки 1–4-го этапов принимаем девять комплексов оборудования. Результаты расчетов сведены в таблицу.

При отработке 5–8-го этапов вследствие уменьшения площади рабочей зоны из карьера постепенно будут выведены несколько комплексов, поэтому их количество имеет дробное значение.

По данным таблицы строим кумулятивные графики времени выемки руды и породы (см. рис. 2). Анализ этих графиков позволяет сделать вывод, что удаление вскрышного отставания объемом 25,2 млн м^3 одновременно с дальнейшей разработкой карьера принятым количеством оборудования может быть закончено через 17 лет работы карьера на глубине 250 м (точка *О* на рис. 1). Дальнейшее развитие горных работ в карьере пойдет в соответствии с проектом.

Анализ практики отработки карьеров показывает, что наиболее приемлемым способом ведения горных работ является классический (поуступный) способ. Он достаточно прост в планировании, легко реализуем и, что немало важно, наиболее безопасен с точки зрения горного производства. Поэтому при разработке технологии ЛВО за основу был взят именно классический способ. Однако у данного способа есть один серьезный недостаток – большой объем горных работ по приведению добычной зоны в нормальное рабочее состояние. Устранить этот недостаток можно за счет применения технологии горных работ с выделением в границах временно нерабочего борта зоны опережающей выемки (ЗОВ). Данная технология позволяет минимизировать объем работ, направленных на создание проектных параметров добычной зоны карьера, и разделить производство добычных работ и работ по ЛВО, что в свою очередь обеспечит равномерный режим горных работ.

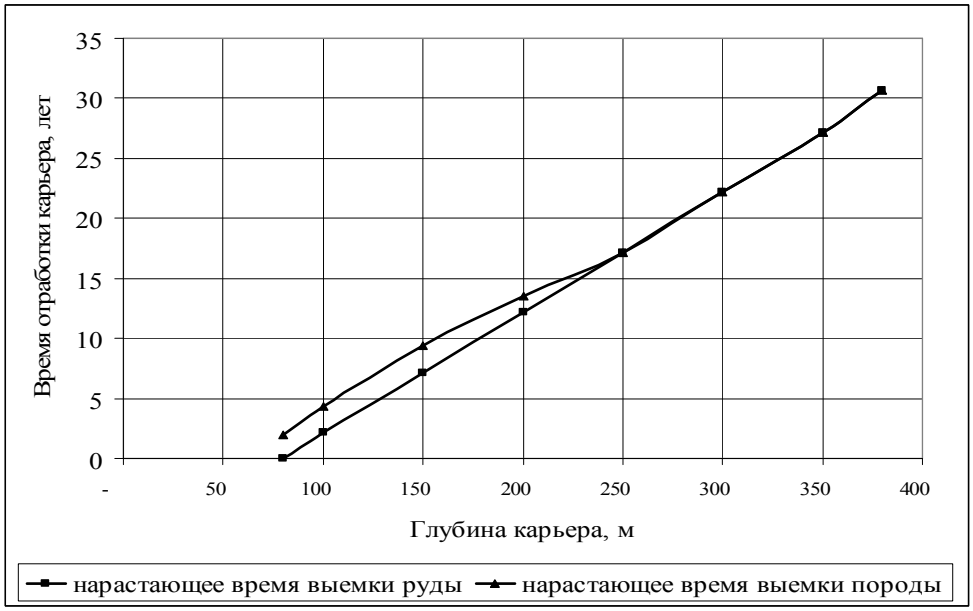


Рис. 2. Кумулятивные графики времени выемки руды и породы

Расчет периода ликвидации вскрышного отставания на карьере

Этап	Объем, тыс. м^3		*N*к.о, ед.	Время отработки, лет		Нарастающее время выемки, лет		$H_к$, м
	Руда	Порода		Руда	Порода	Руда	Порода	
1	–	24 236	9	–	1,9	–	1,9	80
2	4 316	30 588	9	2,2	2,4	2,2	4,4	100
3	10 002	63 740	9	5,0	5,1	7,2	9,4	150
4	10 002	51 224	9	5,0	4,1	12,2	13,5	200
5	10 002	38 818	7,5	5,0	3,7	17,2	17,2	250
6	10 002	26 450	4	5,0	5,0	22,2	22,2	300
7	10 002	14 042	2	5,0	5,0	27,2	27,2	350
8	6 914	2 674	0,5	3,4	3,4	30,6	30,6	380

Экономическую эффективность способа ЛВО с выделением ЗОВ можно определить на основе сравнения получаемого дохода за различные периоды создания добычной зоны с заданными параметрами по всей площади залежи. Именно тогда происходит снижение производительности по руде из-за сокращения площади добычной зоны и изменяется режим добычных работ. Поэтому необходимо определить такие параметры ЗОВ, при которых в кратчайшие сроки можно достигнуть равномерного режима горных работ и, соответственно, максимальной эффективности ЛВО.

Для скорейшего создания необходимой площади добычной зоны, во-первых, нужно стремиться уменьшить объем зоны опережающей выемки, во-вторых, создать наилучшие параметры рабочей зоны для максимальной производительности применяемого оборудования. Очевидно, что эти два условия тесно взаимосвязаны. Объем зоны опережающей выемки напрямую зависит от ее ширины. И если принять минимальный объем ЗОВ, то может случиться, что на этой ширине будет невозможно расположить нужное количество экскаваторов. И наоборот, принимая к расчету высокопроизводительную горную технику, необходимо увеличить высоту уступа и ширину рабочей площадки, а значит, и ширину ЗОВ и ее объем. В обоих случаях увеличивается время отработки ЗОВ и снижается эффективность работы карьера в период ЛВО. Таким образом, чтобы выбрать оптимальный вариант конструкции и объема ЗОВ, следует определить момент создания нормальной добычной зоны.

Экономический эффект применения зоны опережающей выемки напрямую связан с производительностью карьера по полезному ископаемому в период ЛВО. Чем скорее будет обеспечена максимальная (проектная) производительность по руде, тем больший эффект будет получен. Поэтому для обоснования параметров ЗОВ нужно воспользоваться таким экономическим критерием, как чистый дисконтированный доход (ЧДД). Максимальное значение ЧДД может быть получено только при таких параметрах ЗОВ, которые в кратчайшие сроки обеспечивают достижение проектных параметров добычной зоны. Поэтому нет необходимости проводить расчет ЧДД на весь период ЛВО. Для выбора подходящего варианта вполне достаточно рассчитать доход за период, включающий время создания нижней зоны карьера с проектными параметрами. Эффективность дальнейшей отработки карьера предопределена максимальным эффектом в начальный период ЛВО и уменьшением годовых объемов вскрышных работ вследствие сужения границ карьера с глубиной.

Расчет параметров ЗОВ предложено проводить по следующей методике.

1. На разрезе карьера от верхней бровки временно нерабочего борта в сторону конечного контура карьера отмечают несколько точек, расстояние между которыми равно минимальной ширине рабочей площадки (рис. 3). Полученные точки соединяют с точкой *O*, лежащей на линии проектного направления углубки и характеризующей окончание ЛВО. В результате выделяют несколько вариантов ширины ЗОВ, для которых будут проводить расчет времени создания нормальной добычной зоны.

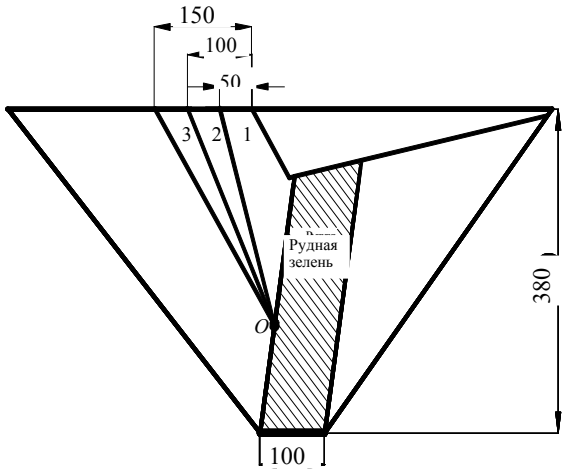


Рис. 3. Схема карьера с вариантами (1, 2, 3) параметров ЗОВ

2. Определяют объем породы, извлекаемый из зоны опережающей выемки в течение года:

$$V_г = n \cdot Q_э, \quad (4)$$

где n – количество звеньев горнотранспортного оборудования, занятых в ЗОВ, ед., причем $n = 2\frac{B_{з.о.в}}{B_{р.п.}}$, где $B_{з.о.в}$ и $B_{р.п.}$ – ширина ЗОВ и рабочей площадки соответственно, м; $Q_э$ – расчетная производительность комплекса вскрышного оборудования, м^3/г.

3. На разрезе карьера в нижней зоне и в каждом варианте зоны опережающей выемки отстраивают годовые положения горных работ. Понижение горных работ в нижней зоне равно годовому темпу углубки, предусмотренному проектом. Темпы отработки ЗОВ должны быть выше темпов развития нижней рабочей зоны, поэтому через некоторое время произойдет совмещение их рабочих горизонтов. Именно в этот момент будет создана нижняя рабочая зоны с проектными параметрами. И для каждого варианта ЗОВ будет определена соответствующая продолжительность этого периода.

4. Рассчитывают ЧДД за период, включающий время создания нижней рабочей зоны с проектными параметрами для каждого из вариантов. Принимают такой вариант параметров ЗОВ, который обеспечивает максимальное значение ЧДД.

В соответствии с предложенной выше методикой был проведен поиск оптимальной ширины ЗОВ на карьере для условий примера, приведенного в начале статьи (см. рис. 1). В зависимости от количества размещаемых комплексов оборудования при определенной ширине рабочей площадки выделены несколько вариантов ЗОВ (см. рис. 3). В каждом из вариантов принято различное количество оборудования для работы в зоне опережающей выемки. Для обеспечения максимальной длины рабочего фронта отработку панелей ведут с двух сторон. Ширина рабочей площадки принята 50 м. Условия расчета 1-го варианта $N_{к.о}$ = 2, $B_{з.о.в}$ = 50м; 2-го варианта $N_{к.о}$ = 4, $B_{з.о.в}$ = 100 м; 3-го варианта $N_{к.о}$ = 5, $B_{з.о.в}$ = 150 м.

По известной методике были рассчитаны значения ЧДД для каждого варианта за период 10 лет (рис. 4).

Очевидно, что наиболее эффективным будет вариант применения зоны опережающей выемки шириной 100 м и размещением в ее контуре четырех комплексов горно-транспортного оборудования (см. рис. 4). Ввод пятого комплекса с целью интенсификации работ требует значительного увеличения ширины и объема ЗОВ, что в итоге не позволит достичь указанной цели и приведет к снижению ЧДД.

Таким образом, для рассмотренного на рис. 3 карьера на основании расчетов по предлагаемым выше методикам можно рекомендовать провести ликвидацию вскрышного отставания с применением разработанной технологии горных работ, которая предусматривает выделение в границах временно нерабочего борта зоны опережающей выемки шириной 100 м.

Итак, представленные выше результаты исследований позволят эффективно решать задачу вывода карьера из сложного положения, связанного с удалением накопленных вне плана объемов вскрыши.

Библиографический список

1. Близнюков, В. Г. Методика определения размера отставания вскрышных работ в карьере / В. Г. Близнюков, И. Н. Зайцев // Разработка рудных месторождений. Киев, 1986. Вып. 41. С. 21–25.

2. Черепанов, Е. В. Определение периода ликвидации отставания вскрышных работ при формировании временно нерабочего борта в добычной зоне карьера / Е. В. Черепанов, А. И. Косолапов // Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / Гос. ун-т. цв. металлов и золота. Красноярск, 2006. С. 94–97.

3. Арсентьев, А. И. Определение производительности и границ карьеров / А. И. Арсентьев. М. : Недра, 1970. 320 с.

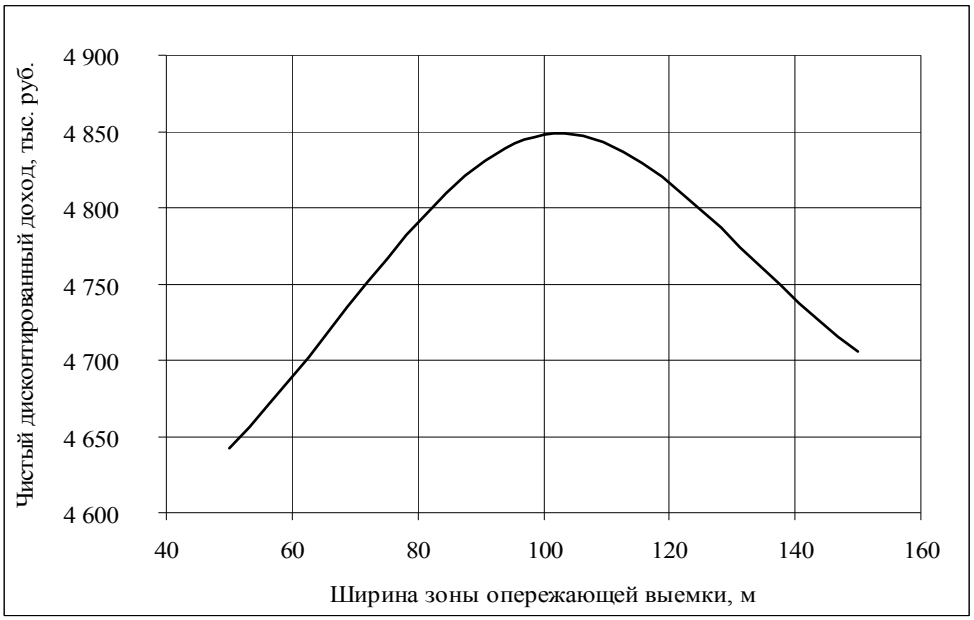


Рис. 4. Влияние размеров зоны опережающей выемки на величину ЧДД

E. V. Cherepanov

THE SUBSTANTIATION OF MINING TECHNOLOGY AT ORE OPENCASTS HAVING OVERBURDEN BACKLOG

It is examined the calculation methods of the parameters of mining technology at ore opencasts with overburden backlog. They take into account the ore and overburden volume in opencast boundaries at the present stage of the operation, the productivity of the equipment and the annual volume of ore extraction.

УДК 621.311.6

Ю. А. Шиняков

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПРЕОБРАЗУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассмотрены способы управления энергопреобразующими устройствами систем электроснабжения автоматических космических аппаратов, обеспечивающие повышенную стабильность выходного напряжения и тока, а также возможность параллельной работы бортовых источников энергии.

Система электроснабжения (СЭС) автоматических космических аппаратов (КА) включает первичные и буферные источники энергии, обладающие различными эксплуатационными характеристиками, энергопреобразующие устройства (ЭПУ) и блоки автоматики (БА), обеспечивающие коммутацию силовых шин, исполнение команд, контроль параметров и автоматическое изменение режимов функционирования СЭС. В качестве первичных источников энергии наибольшее применение находят солнечные батареи (СБ), а в качестве накопителей энергии для питания бортовой аппаратуры на теневых участках орбиты, затенениях панелей СБ и при пиковых нагрузках обычно используются аккумуляторные батареи (АБ).

Регулирование потоков энергии в СЭС осуществляется энергопреобразующими устройствами, которые должны обеспечивать заданное качество электропитания на выходных шинах СЭС и оптимальные режимы работы источников энергии в течение всего времени работы КА. Функционально их можно разделить на три основные группы: зарядные устройства (ЗУ), разрядные устройства (РУ) и регуляторы напряжения (РН), обеспечивающие при избытке энергии, генерируемой СБ, стабилизацию напряжения на выходных шинах, а при недостатке (режим разряда АБ) – регулирование напряжения СБ [1].

Конкретное схемотехническое исполнение ЭПУ каждой группы определяется целевыми функциями и соотношением напряжений СБ, АБ и нагрузки. Функции преобразователей не являются жестко фиксированными и постоянными. В зависимости от текущего состояния системы, внешних воздействий, внутренних параметров изменяются режимы работы преобразователей: преобразователи переходят из режима стабилизации входного или выходного напряжения в режим регулирования входного или выходного тока (распределения или ограничения токов источников энергии и нагрузки) и режим регулирования входной или выходной мощности (оптимизации режимов работы и восстановления характеристик источников энергии, аварийных режимов работы СЭС). Поэтому для управления ЭПУ используются различные принципы и способы управления: по отклонению, по возмущению, программное, следящее, экстремальное, адаптивное и т. д.

Основной частью силовых энергопреобразующих устройств являются импульсные преобразователи. Они обеспечивают выполнение таких требований, как качество электроэнергии, высокие удельные характеристики, реализуют режимы функционирования СЭС с оптимальным использованием источников энергии и т. д. Для управления ключевыми элементами ЭПУ используется способ широтно-импульсной модуляции (ШИМ), обеспечивающий лучшие возможности для решения задачи электромагнитной совместимости бортовой аппаратуры КА, поскольку частота пульсаций выходного напряжения системы электроснабжения в этом случае постоянна и не зависит от входного напряжения и тока нагрузки.

Синтез СЭС с требуемыми статическими и динамическими характеристиками, необходимой устойчивостью во всех режимах работы и при всех условиях эксплуатации – сложная комплексная задача. Ее решение возможно только на системном уровне, при выборе и использовании подходящих способов управления, позволяющих оптимизировать использование энергии источников, входящих в систему электроснабжения, с наименьшими потерями преобразовывать эту энергию к виду, пригодному для питания потребителей, и обеспечивать адекватную реакцию системы на все виды возмущающих воздействий.

Организация требуемой последовательности работы источников энергии и их эффективного использования достигается за счет применения зонного принципа регулирования входных и выходных напряжений СЭС, основанного на регулировании напряжения СБ зарядными устройствами и РН и двухподдиапазонной стабилизации выходного напряжения разрядными устройствами и регуляторами напряжения. Этот принцип обеспечивает автономность функционирования и адаптацию СЭС к деградации ее элементов под воздействием эксплуатационных факторов в течение длительного срока активного функционирования [1; 2].

Ширина каждого поддиапазона определяется статической ошибкой регулирования ШИМ конкретного устройства. Расстояние между поддиапазонами стабилизации выходного напряжения СЭС, обеспечиваемое устройствами РН и РУ, должно гарантировать недопустимость наложе-

ния поддиапазонов регулирования при максимальных температурных изменениях и деградации опорных элементов ШИМ регуляторов напряжения и разрядных устройств, воздействии других внешних и внутренних факторов (изменении параметров СБ, АБ и нагрузки).

При построении системы электроснабжения с большим количеством энергопреобразующих устройств, осуществляющих регулирование напряжения в собственных поддиапазонах, общий диапазон его изменения станет недопустимо большим. Решением данной проблемы может быть разработка методов уменьшения статической ошибки регулирования ШИМ.

Простейший способ достижения этого – повышение коэффициента передачи усилителя сигнала ошибки (УО) ШИМ. Однако повышение общего коэффициента усиления, как правило, приводит к приближению системы к колебательной границе устойчивости. Задача повышения запаса устойчивости системы регулирования решается введением в нее дополнительных корректирующих звеньев, представляющих собой динамические звенья с определенными передаточными функциями [3]. Обычно для этих целей используются звенья частотной коррекции усилителя ошибок. Но при частотной коррекции усилителя ширина его полосы пропускания обратно пропорциональна коэффициенту усиления. И компромисс между устойчивостью, частотными свойствами и заданным коэффициентом усиления может быть трудно достижимым.

Существенно повысить точность стабилизации напряжения за счет возрастания коэффициента передачи обратной связи (ОС) в области низких частот возможно при введении в схему управления ЭПУ астатического корректирующего звена [4].

Кроме того, для повышения статической и динамической точности стабилизации напряжения энергопреобразующих устройств используются методы теории инвариантности. Широко известны схемы компенсационно-параметрических импульсных стабилизаторов, в которых, кроме основного замкнутого контура регулирования по отклонению выходного напряжения, используется контур регулирования по основному возмущению – нестабильности входного напряжения. Однако для различных типов импульсных стабилизаторов и различных режимов их работы условия компенсации возмущения имеют различный вид.

Значительно улучшить статические характеристики позволяет способ управления ЭПУ с компенсацией статической ошибки демодулированным сигналом ШИМ (рис. 1) [5]. С сигналом рассогласования суммируется сигнал коррекции $U_к(1 - K_з)$, полученный в результате демодуляции ШИМ-сигнала управления регулирующим элементом. Для данной схемы (см. рис. 1) справедливы следующие выражения для коэффициента заполнения и сигнала рассогласования:

$$K_з = 1-(U_{о.с} - U_{оп}) / U_{пил}(1 - K_з U_к / U_{пил}),$$

$$U_{о.с} - U_{оп} = (1 - К_з)\,(U_{пил} - K_к U_к),$$

где $K_к$ – коэффициент передачи демодулированного ШИМ-сигнала. Изменяя $K_к$, можно корректировать величину статической ошибки регулирования.

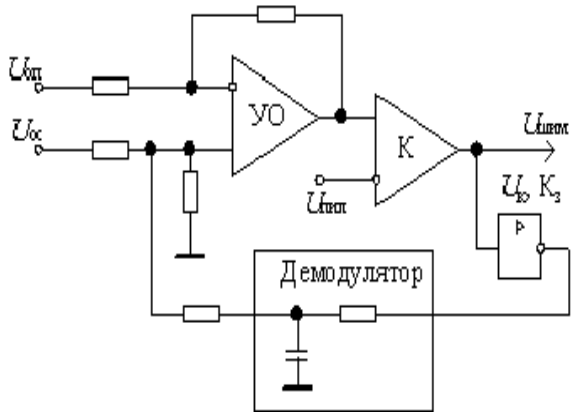


Рис. 1. ШИМ с компенсацией статистической ошибки регулирования демодулированным сигналом управления

Данный способ компенсации статической ошибки можно использовать для преобразователей различного типа. Его важной особенностью является то, что он применим только в замкнутой системе регулирования. Однако при этом удается отслеживание и компенсацию изменения нескольких дестабилизирующих факторов (таких, как входное напряжение, сопротивление нагрузки) свести к контролю одного параметра – коэффициента заполнения ШИМ – с формированием соответствующих корректирующих воздействий на усилитель сигнала ошибки. Немаловажно и то, что при этом нет необходимости в большом коэффициенте передачи усилителя сигнала ошибки по низкой частоте, что положительно влияет на его устойчивость и рабочую полосу частот.

Представим схему управления работой системы электроснабжения, реализующую зонный принцип регулирования ШИМ и содержащую астатическое звено в усилителе рассогласования А1 (рис. 2).

Выходное напряжение СЭС задается значением опорного напряжения $U_{оп}$. Благодаря высокому коэффициенту усиления усилителя А1 сигнал на его выходе изменяется в широком диапазоне при малых изменениях сигнала рассогласования. Выходное напряжение усилителя А1 поступает на входы усилителей А2 и А3, выполняющих задачу разбиения диапазона изменения выходного напряжения А1 (и, следовательно, выходного напряжения СЭС) на поддиапазоны регулирования РУ и РН. Расположение этих поддиапазонов определяется значениями $U_{оп.р.у}$ и $U_{оп.р.н}$. Кроме того, усилители А2 и А3 содержат активные форсирующие звенья для передачи резких изменений выходного напряжения СЭС. Таким образом,

схема (см. рис. 2) обеспечивает высокую точность стабилизации выходного напряжения системы электросбережения при возможности работы нескольких ЭПУ по заданному алгоритму, определяемому зонным принципом.

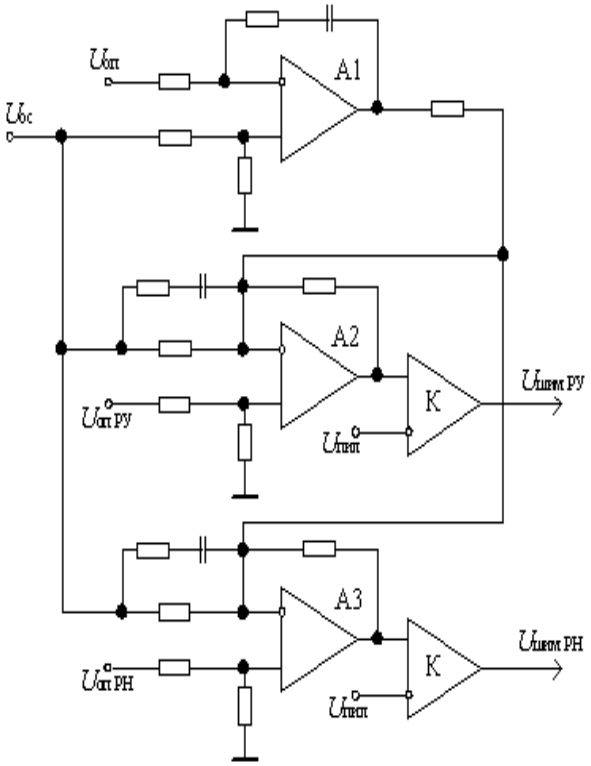


Рис. 2. Схема управления СЭС с использованием астатического звена в усилителе рассогласования

Такой способ широко применяется в случае, когда возможно разделение допустимого диапазона изменения регулируемого параметра на рабочие поддиапазоны, определенные для каждого устройства. Однако при построении СЭС по разветвленной схеме с секционированной солнечной батареей, имеющей большое количество ЭПУ, которое осуществляют последовательное регулирование выходного напряжения в собственных поддиапазонах, обеспечение недопущения наложения поддиапазонов регулирования для всех возможных режимов и условий эксплуатации может оказаться затруднительным.

Последовательную работу энергопреобразующего устройства без увеличения диапазона регулирования выходного напряжения обеспечивает способ управления СЭС с динамическим смещением уровней регулирования ЭПУ (рис. 3). При этом обеспечивается работа преобразователя одной секции СБ в режиме ШИМ, а преобразователей остальных секций – в полностью открытом или закрытом состоянии.

Данный способ управления обеспечивает последовательную работу силовых устройств за счет организации взаимного воздействия устройств управления преобразователями. Сигналы, осуществляющие это воздействие, получают путем демодуляции прямого и инверсного широтно-модулированных сигналов управления преобразователями. При этом демодулированные прямой и инверсный сигналы управления i-м преобразователем смещают уровень регулирования (i + 1)-го преобразователя в сторону повышения, а уровень регулирования (i – 1)-го преобразователя – в сторону понижения.

Таким образом, при изменении внешних воздействующих факторов происходит автоматическое подключение к выходу системы нужного количества источников энергии, осуществляемое при автоматическом выборе регулирующего канала. При этом нет необходимости в разделении допустимого диапазона изменения выходного напряжения на поддиапазоны регулирования, т. е. преобразователи всех каналов настраиваются и работают с одним уровнем стабилизируемого напряжения, определяемым $U_{оп}$.

Рассмотренные выше способы управления обеспечивают возможность организации работы источников энергии СЭС в нужной последовательности, используя контур обратной связи по напряжению. В то же время, как уже отмечалось, алгоритмы функционирования систем электроснабжения предусматривают не только последовательную, но и параллельную работу источников энергии. При этом к системе электроснабжения предъявляются требования по распределению токов между источниками в заданных соотношениях и по их ограничению на заданном уровне для оптимизации режимов функционирования и защиты всех элементов данной системы. Кроме того, ЭПУ достаточно мощного источника энергии обычно выполняется путем параллельного включения нескольких менее мощных преобразующих модулей, в связи с чем ставится задача равномерного распределения токов между ними. Для этих целей используются контуры обратной связи по току.

Известен ряд способов выравнивания токов между энергопреобразующими устройствами, подключенными к разным источникам энергии, но имеющими одинаковые значения опорного напряжения и охваченными общей отрицательной обратной связью (ООС) по напряжению. Это способы с местной ООС по току, с параметрической ООС, с ООС по отклонению тока от среднего значения и с ООС по отклонению тока от максимального значения [6; 7].

При выборе способа выравнивания токов следует принимать во внимание степень его влияния на точность стабилизации выходного напряжения системы с учетом конкретного варианта построения схемы управления ЭПУ.

Под местной отрицательной обратной связью по току подразумевается корректирующее воздействие, уменьшающее длительность открытого состояния силовых ключей энергопреобразующе-

го устройства с ростом протекающего тока. Практически это сводится к введению такого воздействия на усилитель рассогласования, которое понижает уровень выходного напряжения, стабилизируемого данным ЭПУ. Как было отмечено выше, все параллельно работающие ЭПУ имеют одинаковые опорные напряжения и общее напряжение обратной связи, поэтому силовые ключи этого устройства прикрываются. Устойчивое состояние системы характеризуется выравниванием воздействия на усилители рассогласования всех ЭПУ, что означает и выравнивание токов.

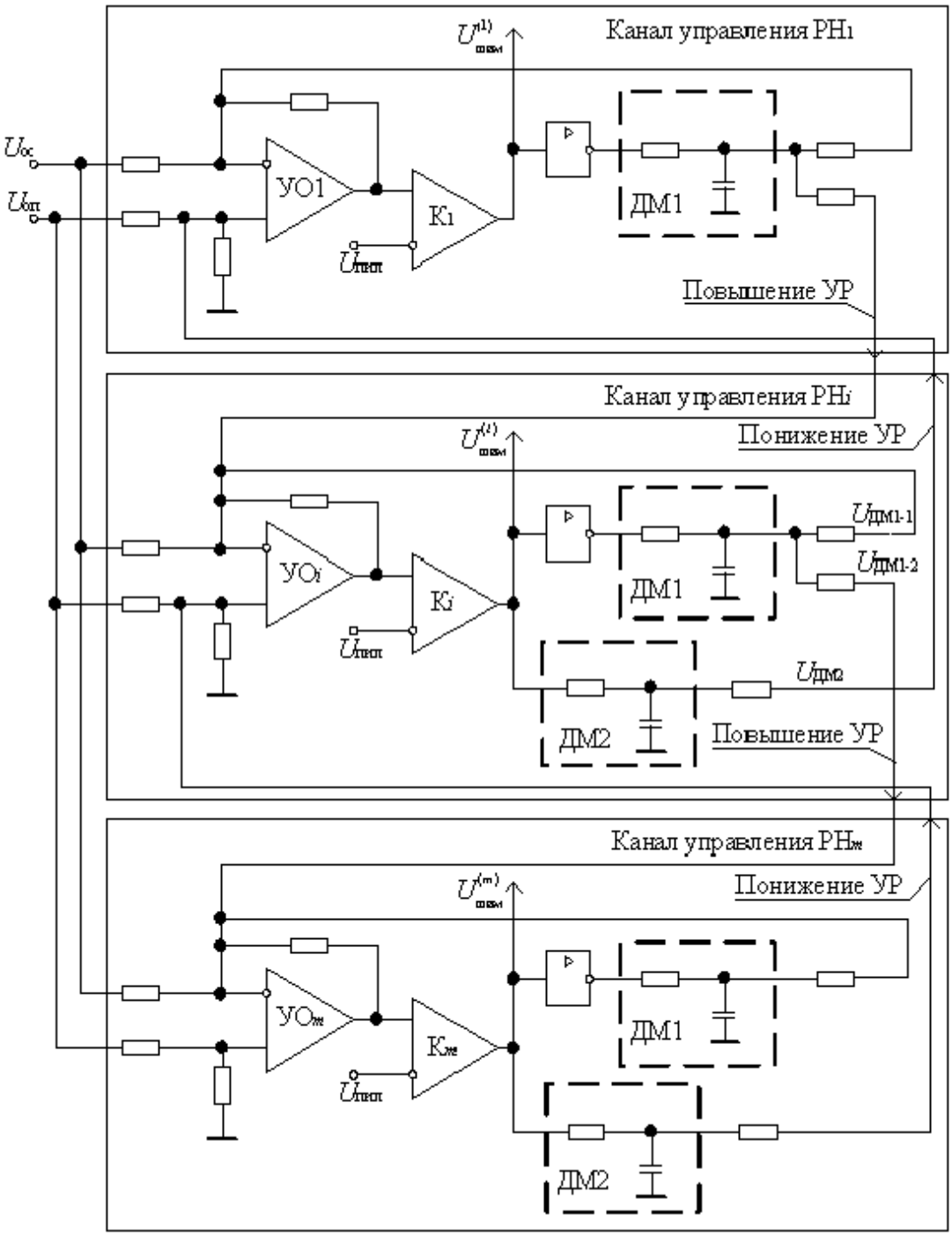


Рис. 3. Структура построения устройства управления ЭПУ с раздельным регулированием энергии *m* секций СБ с помощью преобразователей $РН_1$ … $РН_m$

Недостаток данного способа очевиден и заключается в существенно падающей внешней характеристике системы. Однако в случае если снижение выходного напряжения в результате действия местной ООС по току укладывается в заданные рамки из-за наличия сильной обратной связи по напряжению (например, с астатическим корректирующим звеном), этот способ становится достаточно привлекательным, в первую очередь ввиду отсутствия перекрестных связей между

ЭПУ. Поэтому его использование целесообразно при распределении токов между параллельно работающими силовыми каналами одного энергопреобразующего устройства.

Способ выравнивания токов с ООС по отклонению тока от заданного значения предполагает наличие ведущего ЭПУ, осуществляющего стабилизацию напряжения на выходе системы и задающего значение тока, которое с определенной точностью повторяют ведомые ЭПУ (рис. 4). Разделение ЭПУ на ведущие и ведомые может быть задано жестко, но тогда возникает проблема обеспечения нормальной работы системы при отказе ведущего ЭПУ. Более целесообразен способ управления, когда ведущий ЭПУ выбирается автоматически исходя из критерия наибольшего тока [7]. В этом случае отказ ведущего устройства приводит лишь к тому, что его функции начинает выполнять другое ЭПУ согласно принятому критерию.

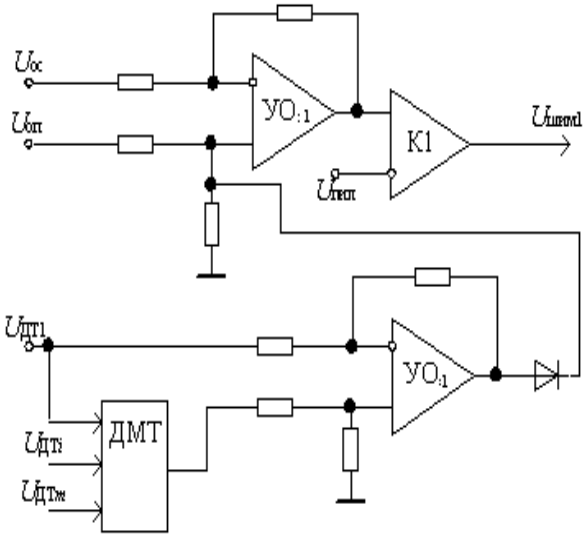


Рис. 4. Схема управления ЭПУ (условно обозначенного номером 1) с ООС по отклонению тока от заданного значения, входящего в состав системы из *m* ЭПУ

Уровень напряжения, стабилизируемого ЭПУ, определяется опорным напряжением $U_{оп}$ и напряжением смещения, поступающим от усилителя ошибки регулирования тока $УО_{I1}$. С помощью $УО_{I1}$ сигнал $U_{д.т}1$, пропорциональный току данного ЭПУ, сравнивается с сигналом, пропорциональным наибольшему из токов всех ЭПУ, входящих в систему. Этот сигнал формируется детектором максимального тока (ДМТ) в результате обработки информации с *m* датчиков тока.

В случае если ток данного ЭПУ максимален, входные сигналы усилителя $УО_{I1}$ оказываются равными, т. е. его выходной сигнал равен нулю и не влияет на контур регулирования напряжения. Этот ЭПУ является ведущим и осуществляет стабилизацию напряжения на уровне, определяемом $U_{оп}$.

Если наибольший ток протекает через какой-либо из 2…*m* ЭПУ, то на выходе усилителя $УО_{I1}$ появляется сигнал, воздействующий на усилитель ошибки регулирования напряжения $УО_{U1}$ таким образом, что уровень стабилизации повышается. Это приводит к увеличению тока через ЭПУ. В результате токи всех энергопреобразующих устройств системы выравниваются.

Отклонение тока *i*-го ЭПУ от тока ведущего ЭПУ определяется по формуле

$$\Delta I_i = U_{ш.и.м}\Delta S_i / (1 + R_{ДТ}K_I S_i),$$

где $U_{ш.и.м}$ – управляющее напряжение на входе регулирующего элемента ЭПУ; S_i – статическая крутизна выходной характеристики ЭПУ, $S_i = I_i / U_{ш.и.м}$; $R_{д.т}$ – сопротивление измерительного датчика тока; K_I – коэффициент передачи токовой обратной связи.

Построение систем управления, обеспечивающих ограничение тока ЭПУ на заданном уровне, возможно за счет как параллельного, так и последовательного включения регуляторов (усилителей рассогласования) по напряжению и току. Система с последовательным соединением регуляторов имеет существенную зависимость характеристик от параметров корректирующих элементов, стоящих одновременно как в цепи обратной связи по току, так и в цепи обратной связи по напряжению. Поэтому предпочтительнее использовать параллельное соединение регуляторов по напряжению и току, обеспечивающее лучшее быстродействие, так как сигнал обратной связи по току не проходит инерционные цепи обратной связи по напряжению [1].

Существенно повысить точность ограничения выходного тока ЭПУ позволяет способ управления импульсным преобразователем постоянного напряжения со стабилизацией предельного тока [8], снижающий погрешности стабилизации выходного тока преобразователя в случае, когда выходной ток достигает заданного предельного значения и преобразователь переходит из режима стабилизации напряжения в режим стабилизации тока. Этот результат достигается тем, что выходной ШИМ-сигнал управления регулирующим элементом преобразователя получается в результате конъюнкции двух ШИМ-сигналов, первый из которых формируется на основе сигнала рассогласования по напряжению, а второй – на основе сигнала рассогласования по току. При этом уровень сигнала рассогласования по току корректируется в зависимости от значения демодулированного выходного ШИМ-сигнала управления регулирующим элементом.

Помимо цепей обратной связи по току и напряжению, СЭС может содержать контуры регу-

лирования, предназначенные для выполнения ряда специальных функций: экстремального регулирования мощности СБ [9], реализации аварийных и восстановительных режимов работы АБ [10] и др. Механизм реализации всех этих функций сводится к введению дополнительных корректирующих воздействий на усилители рассогласования напряжения или тока в соответствии с заданными алгоритмами.

Таким образом, способы управления, рассмотренные в данной статье, используются в системе электроснабжения целого ряда космических аппаратов, как эксплуатирующихся, так и находящихся на стадии разработки. Требуемое значение стабильности обеспечивает способ управления СЭС с использованием астатического звена в усилителе рассогласования. Распределение токов между параллельно работающими силовыми каналами одного ЭПУ, как правило, реализуется за счет применения местной отрицательной обратной связи по току. При распределении токов и мощности между буферными источниками энергии (аккумуляторными батареями) наиболее целесообразен способ с ООС по отклонению тока от максимального значения. Достижение требуемой точности ограничения токов заряда-разряда АБ значительно облегчает предложенный автором способ управления со стабилизацией предельного тока. А способ управления с динамическим смещением уровней регулирования энергопреобразующего устройства может быть применен при разработке перспективной высоковольтной СЭС с секционированной солнечной батареей, предназначенной для космических аппаратов с повышенным (100 ± 1 В) бортовым напряжением.

Библиографический список

1. Системы электропитания космических аппаратов / Б. П. Соустин, В. И. Иванчура, А. И. Чернышев, Ш. Н. Исляев. Новосибирск : Наука. Сиб. изд. фирма, 1994. 318 с.

2. Пат. 2035109 Российская Федерация, МКИ[6] H 02 J 7 / 35. Автономная система электроснабжения / А. И. Чернышев, Ю. А. Шиняков, К. Г. Гордеев и др. // Изобретения. 1995. № 13.

3. Бесекерский, В. А. Теория систем автономного регулирования / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. М. : Наука, 1975. 767 с.

4. Мелешин, В. И. Формирование динамических свойств устройств вторичного электропитания с ШИМ-2 / В. И. Мелешин, В. В. Мосин, Ю. Ф. Опадчий // Электрон. техника в автоматике. 1985. Вып. 16. С. 5–44.

5. Пат. 2254606 Российская Федерация, МПК[7] G 05 F 1 / 56. Способ управления импульсным стабилизатором постоянного напряжения / К. Г. Гордеев, С. П. Черданцев, Ю. А. Шиняков // Изобретения. 2005. № 17.

6. Конев, Ю. И. Транзисторные сумматоры мощности в системах параллельной работы источников питания / Ю. И. Конев, А. И. Юрченко, С. С. Букреев // Электрон. техника в автоматике. 1980. Вып. 11. С. 48–55.

7. А. с. 1206763 СССР, МКИ[4] G 05 F 1 / 59. Многоканальная система электропитания с равномерным токораспределением / К. Г. Гордеев, Ю. А. Шиняков, С. П. Черданцев, В. О. Эльман // Открытия. Изобретения. 1986. № 3.

8. Пат. 2249842 Российская Федерация, МПК[7] G 05 F 1 / 10, 1 / 66. Способ управления импульсным преобразователем постоянного напряжения со стабилизацией предельного тока / К. Г. Гордеев, С. П. Черданцев, Ю. А. Шиняков, К. В. Тараканов // Изобретения. 2005. № 10.

9. Пат. 2101831 Российская Федерация, МКИ[6] H 02 J 7 / 35. Система электропитания с экстремальным регулированием мощности фотоэлектрической батареи / К. Г. Гордеев, С. П. Черданцев, Ю. А. Шиняков // Изобретения. 1998. № 1.

10. Пат. 2168828 Российская Федерация, МПК[7] H 02 J 7 / 36. Способ управления автономной системой электроснабжения / К. Г. Гордеев, С. П. Черданцев, Ю. А. Шиняков и др. // Изобретения. 2001. № 16.

Yu. A. Shinjakov

CONTROL METHODS OF ENERGY CONVERSION DEVICES IN THE POWER SUPPLY SYSTEMS OF AUTOMATIC SPACE VEHICLES

It is considered control methods of energy conversion devices in the power supply systems of automatic space vehicles, which provide enhanced stability of output voltage and current, and also a possibility of the parallel operation of onboard power supplies.

УДК 622.882

К. А. Штреслер

О ПРОБЛЕМАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА И ИНВЕСТИЦИОННОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТЕЖЕЙ

Рассмотрены проблемы технологической и экологической оценки месторождений россыпного золота, связанные со сложными геологическими и гидрологическими условиями. Представлен проект разработки экспресс-методики оценки месторождений.

В Красноярском крае, занимающем 13,7 % территории России, расположено более 1 350 месторождений полезных ископаемых (из них 300 коренных месторождений золота) [1]. Край является лидером по производству цветных металлов (25…30 %) золота (10 %).

Доля Красноярского края в разведанных запасах золота Российской Федерации составляет 13,01 %. При этом в основном добывается рудное золото, снижение же добычи россыпного золота связано с истощением минерально-сырьевой базы (история его добычи насчитывает более 150 лет), отсутствием или незначительными объемами финансирования геолого-разведочных работ. А сложные горно-геологические условия, наличие мелкого и тонкого золота уменьшают привлекательность россыпных месторождений для повторной разработки.

Дальнейшее развитие золотодобывающей промышленности невозможно без инвестиций как со стороны государства, так и со стороны частных лиц. Для оценки инвестиционных проектов необходимы соответствующие методики, но современное состояние этих методик, отличающихся громоздким аппаратом, не позволяет проводить экспресс-анализ, особенно необходимый на этапе отбора наиболее перспективных вариантов инвестиционных проектов.

Практика последних лет, после принятия новых размеров экологических платежей в 2003 г. показала их недостаточность в качестве мотива для внедрения современных экологически ориентированных способов производства. Использование природоохранного оборудования и выбор максимально экологически безопасных вариантов ведения горных работ окупается в течение длительного срока (от 10 лет и более) либо не окупается вообще. Отсюда понятно, что для предприятий, отрабатывающих россыпные месторождения, внедрение природоохранных мероприятий является экономически нецелесообразным ввиду гораздо меньшего по сравнению со сроком окупаемости мероприятия сроком отработки россыпи.

Исходя из этого становится понятной необходимость параллельной разработки и методики экспресс-оценки месторождений, и нового проекта ставок экологических платежей, которые должны в полной мере отвечать следующим задачам:

– стимулировать природоохранную деятельность предприятий-недропользователей, в том числе со сроком отработки месторождений менее 3–5 лет;

– быть достаточными по объемам как для их инвестирования в природоохранные мероприятия, так и для расширения производства на тех предприятиях, которые выполняют требования экологических нормативов.

Анализ показал, что налог на прибыль является элементом отрицательной мотивации и не стимулирует предприятия на расширение деятельности. Необходимо рассмотреть такие варианты снижения или перераспределения ставки налога на прибыль, которые бы ориентировали предприятия горно-добывающей промышленности на экологически безопасное ведение работ.

Технологическая и экологическая оценка россыпных месторождений должна отвечать современным требованиям, главными из которых являются мобильность, сопоставимость результатов по вариантам отработки одного объекта и по различным объектам, возможность применения передовых разработок в области извлечения золота (например, скважинной гидродобычи для россыпей с глубиной залегания порядка 50…70 м).

Имеющиеся методики оценки месторождений золота не дают возможности определить контур вскрышных работ для россыпи, который позволит предприятию уже на стадии проектирования определить наиболее эффективные с точки зрения экономических (чистый дисконтированный доход за период отработки месторождения, себестоимость добычи 1 г золота) и экологических (размер экологических платежей за загрязнение окружающей среды, затраты на рекультивацию нарушенных земель) показателей, варианты технических характеристик применяемой техники, выбрать максимально эффективный проект отработ-

ки конкретного месторождения. Необходимо разработать такую методику, которая должна явиться результатом решения задачи определения оптимального контура вскрышных работ в условиях сложноструктурных россыпей с учетом основных технологических характеристик, обеспечивающих безопасное ведение горных работ (угла откоса борта, уклона рабочей поверхности, обеспечивающего нормальную работу применяемой техники), соблюдения экологических требований к недропользователям и достижения максимального за весь проектный период эксплуатации россыпи экономического результата.

Методика оценки промышленных запасов россыпного месторождения и проектов его отработки должна учитывать следующие требования:

– требования промышленной безопасности;

– требование минимизации ущерба окружающей среде;

– требование сопоставимости экономических показателей, применяемых для сравнения вариантов отработки россыпного месторождения, с показателями принятыми в деловом обороте страны, и приведение их в соответствии с мировыми стандартами. Необходимость последнего диктуется привлечением иностранных инвесторов;

– горно-геологические и гидрологические условия конкретного месторождения на основе данных геологической разведки при выборе техники и технологии отработки;

– классификацию россыпных месторождений с точки зрения применения методов обогащения в конкретных климатических и горно-геологических условиях. Возможны следующие варианты: по содержанию и гранулометрическому составу полезного компонента (компонентов), вредных примесей; возможности и (или) необходимости применения буровзрывных работ; содержание компонентов, снижающих извлечение золота традиционными методами (глина); возможности применения реагентов для повышения извлечения при отработке месторождений с низким содержанием полезного компонента (компонентов) с минимальным ущербом водоносным горизонтам и поверхностным водам;

– экономическое обоснование эксплуатационных потерь золота при отработке. Ведение работ без такого обоснования вынуждает производить вскрышные работы с большим разубоживанием;

– разработку методики оценки количества золота в торфах и песках с учетом данных геологоразведочных работ;

– формирование на основе информации о потерях модели вторичного техногенного месторождения.

Данные требования подлежат ранжированию.

Разработка методики оценки вариантов отработки россыпных месторождений базируется на математическом моделировании россыпного месторождения, выполняемой с помощью компьютерной техники. Основой для построения модели служит информация о содержании полезного компонента в пробах по каждой разведочной линии.

После определения контура балансовых запасов по кровле и почве пластов рассчитывают объемы песков и торфов на 1 погонный метр. На основе полученной информации по нескольким разведочным линиям решают задачу определения общих объемов торфов и песков для месторождения с учетом факторов, снижающих извлечение золота из песков (высокое содержание валунов, глины или тонкого и мелкого золота). В рамках базовой модели линию вскрышных работ принимают горизонтальной. Определяют объем вскрыши и потери золота при каждом варианте вскрыши, отличном от варианта без потерь, и рассматривают варианты отработки с уточнением типа и количества технологического оборудования.

Оценка экономической эффективности должна производиться по каждому рассматриваемому варианту отработки с учетом современных требований рынка (цен на полезный компонент, обоснованного уровня затрат, принятых стандартов отчетности), заданной годовой производительности или срока отработки месторождения. Можно также ввести ряд критериев на стадии первичной оценки, что позволит отсеять неэффективные варианты на первых же шагах расчета. В качестве такого критерия может выступать показатель себестоимости переработки 1 м^3 песков.

При разработке сложноструктурных россыпей горизонтальный контур вскрышных работ не обеспечит достижения оптимального экономического и экологического эффекта. Контур вскрышных работ, максимально приближенный к контуру балансовых запасов по кровле пласта песков, с одной стороны, позволит снизить потери золота с песками и разубоживание, с другой – усложнит ведение горных работ, что приведет к росту затрат на них. Кроме того, это не всегда возможно в конкретных горно-геологических и гидрологических условиях. Формирование требований к исходной информации по проекту отработки месторождения, позволяющей определить возможность и целесообразность усложнения контура вскрышных работ, является одной из основных задач на пути создания методики технологической оценки россыпных месторождений.

Развитие техники и технологии обогащения тонкого и мелкого золота, дражной техники и совершенствование технологии ведения буровзрывных работ позволяет рассматривать торфы и хвосты ранее отработанных россыпей как богатые техногенные месторождения. При построении модели в процессе определения объемов песков и торфов необходимо учитывать, что данные о по-

терях при каждом варианте отработки следует рассматривать как информацию о запасах нового техногенного месторождения, дальнейшая разработка которого будет возможна благодаря развитию техники и технологии добычи золота или при использовании другого метода. Например, решение проблемы извлечения мелкого и тонкого золота позволит увеличить его долю в общей добыче с 8 до 20 % [2]. Таким образом, при оценке вариантов отработки месторождения необходимо учитывать, что проект часто является лишь этапом в процессе освоения рассматриваемого месторождения и уточненные данные о горно-геологических условиях, содержании компонентов в торфах, местах и условиях их складирования, полученные в результате обработки по выбранному варианту, являются максимально точной информацией о техногенном месторождении. Такая информация должна быть сопоставимой с требованиями технико-экономического обоснования проектов отработки и накапливаться для формирования базы данных о техногенных месторождениях золота. А формирование информационных баз о состоянии отрабатываемых и разведанных запасов позволит мобильно и эффективно управлять производством золота в масштабах региона и страны в целом.

Таким образом, приведение размеров экологических платежей в соответствие с современными требованиями позволит горно-добывающим предприятиям изыскивать средства для финансирования природоохранных мероприятий без привлечения внешних источников.

Работа выполнена под руководством профессор, доктора технических наук В. Е. Кислякова.

Библиографический список

1. Гнездилов, А. А. О состоянии минерально-сырьевой базы Красноярского края / А. А. Гнездилов // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири / гл. ред. С. С. Сердюк ; Краснояр. НИИ геологии и минер. сырья. Красноярск, 2004. С. 5–7.

2. Назарьев, В. А. Проблемы освоения сырьевой базы золота Иркутской области / В. А. Назарьев, В. А. Мордвин // Минер. ресурсы России. Экономика и упр. 2002. № 6. С. 15–19.

K. A. Shtresler

ABOUT THE PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL AND ECOLOGICAL ESTIMATION OF GOLD DEPOSITS AND ENVIRONMENTAL PROTECTS INVEST

The problems of technological and ecological estimate of gold deposits connected with geological and hierological conditions. There is the project of elaboration of the deposit estimating express methodology.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алашкевич Юрий Давыдович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический институт в 1964 г. Область научных интересов – лесохимические технологии и химическое машиностроение целлюлозно-бумажного производства.

Андропов Алексей Викторович – аспирант Красноярского государственного технического университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2006 г. Область научных интересов – спутниковые и инерциональные навигационные системы.

Архипов Александр Геннадьевич – специалист отдела математического моделирования ООО «Инженерно-технологический центр» ОАО «РУСАЛ». Окончил Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2002 г. Область научных интересов – металлургия алюминия, математическое моделирование.

Аюшеева Людмила Анатольевна – ассистент кафедры экономики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – инновационная деятельность.

Барков Алексей Владимирович – инженер-программист ФГУП «Научно-производственное объединение прикладной механики имени академика М. Ф. Решетнева». Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – автоматизация контроля и испытаний космической техники.

Белолипецкий Виктор Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом вычислительных моделей в гидрофизике Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Новосибирский государственный университет в 1968 г. Область научных интересов – математическое моделирование в естественных науках.

Биронт Виталий Семенович – доктор технических наук, профессор, академик Международной академии наук высшей школы, государственный эксперт научно-технической сферы, заслуженный работник высшей школы России, заведующий кафедрой металловедения и термической обработки металлов Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Всесоюзный заочный политехнический институт в 1961 г. Область научных интересов – металловедение и термическая обработка металлов.

Боговалов Сергей Владимирович – доктор физико-математических наук, заместитель директора Московского института прикладных информационных технологий. Область научных интересов – математическое моделирование технологического оборудования и процессов, математическая гидродинамика.

Бойко Оксана Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела подготовки кадров высшей квалификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский институт космической техники в 1987 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Бураченко Мария Викторовна – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры высшей математики Государственного университета цветных металлов и золота. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – функциональный анализ, комплексный анализ.

Бычков Петр Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедры-лаборатории физикохимии процессов и материалов. Окончил Красноярский государственный университет в 1971 г. Область научных интересов – сульфидирование цветных металлов, производство технического кремния, электропечи.

Васильев Сергей Борисович – старший преподаватель Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский государственный университет в 1977 г. Область научных интересов – качество горной продукции.

Васильева Светлана Петровна – кандидат филологических наук, доцент, ученый секретарь Красноярского государственного педагогического университета имени В. П. Астафьева. Окончила Красноярский государственный педагогический институт в 1976 г. Область научных интересов – русская диалектология, топонимика.

Винокуров Геннадий Михайлович – заведующий кафедрой бухгалтерского учета и финансов Иркутской сельскохозяйственной академии.

Войнич Александр Леонидович – аспирант Государственного университета цветных металлов и золота, младший сотрудник ООО НТЦ «Легкие металлы». Окончил Государственный университет цветных металлов и золота в 2005 г. Область научных интересов – металлургия легких металлов.

Врублевская Оксана Алексеевна – старший преподаватель кафедры социальной работы и социологии Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2000 г. Область научных интересов – социальное партнерство, социальное взаимодействие, социология организации и управления, экономическая социология.

Власов Олег Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры-лаборатории физикохимии процессов и материалов. Окончил Красноярский государственный университет в 1971 г. Область научных интересов – сульфидирование цветных металлов, производство технического кремния, электропечи.

Горбунов Дмитрий Юрьевич – аспирант кафедры обработки металлов давлением Государственного университета цветных металлов и золота.

Горбунов Юрий Александрович – доктор технических наук, профессор Государственного университета цветных металлов и золота.

Дворецкая Юлия Борисовна – старший преподаватель кафедры геологии месторождений и методики разведки. Окончила Ростовский государственный университет в 1987 г. Область научных интересов – геоэкология.

Демченко Светлана Капитоновна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и права, заместитель проректора по воспитательной работе Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончила Новосибирский государственный университет в 1982 г. Область научных интересов – экономический рост, мультипликативные эффекты в экономике.

Довженко Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор, первый проректор–проректор по научной и инновационной деятельности Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский институт цветных металлов в 1973 г. Область научных интересов – теория и технология процессов обработки металлов давлением.

Доррер Михаил Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 1994 г. Область научных интересов – управление экономическими системами, моделирование дискретных систем.

Докшанина Инна Игоревна – аспирант Красноярского государственного технического университета, начальник вычислительного центра механико-технологического факультета Красноярского государственного технического университета. Окончила Красноярский политехнический институт в 1987 г. Область научных интересов – триботехника, повышение долговечности подшипников качения.

Докшанин Сергей Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и триботехники Красноярского государственного технического университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – ультрадисперсные добавки к смазочным материалам, повышение долговечности подшипников качения.

Дроздова Татьяна Николаевна – ведущий инженер и аспирант кафедры металловедения и термической обработки металлов Государственного университета цветных металлов и золота. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2003 г. Область научных интересов – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Дубынин Александр Романович – генеральный директор ОАО «Молочный комбинат „Ангарский“, заслуженный работник пищевой промышленности. Окончил Иркутский политехнический институт в 1978 г., Институт менеджмента ЛИНК в 1999 г.

Емельяшин Максим Викторович – аспирант Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – математическое моделирование динамики тепловых процессов алюминиевого электролиза.

Епина Марина Борисовна – старший преподаватель кафедры инженерной педагогики Государственного университета цветных металлов и золота. Окончила Красноярский институт цветных металлов и золота в 1976 г. Область научных интересов – личностно-ориентированное образование, психология и педагогика.

Ермякина Наталья Александровна – старший преподаватель кафедры иностранных языков Сибирского юридического института МВД России. Окончила Красноярский государственный педагогический университет в 1995 г. Область научных интересов – диалектология немецкого языка.

Жирнова Анна Юрьевна – аспирант кафедры финансов и кредита Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – управление персоналом, финансы предприятий.

Загиров Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой обработки металлов давлением Государственного университета цветных металлов и золота.

Зосимов Александр Георгиевич – заместитель генерального директора авиакомпании «Красноярские авиалинии». Окончил Иркутский политехнический институт в 1980 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Зырянов Владислав Валерьевич – аспирант кафедры экономики и управления Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – экономика и управление в энергетике.

Ибрагимов Михаил Зуфарович – главный специалист департамента информации администрации г. Красноярска. Окончил Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2001 г. Область научных интересов – экономика и управление.

Игнатов Андрей Сергеевич – аспирант кафедры промышленной экологии Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2004 г. Область научных интересов – промышленная экология.

Карбышев Михаил Александрович – ассистент Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2000 г. Об-

ласть научных интересов – исследования в области ножевого размола волокнистых материалов.

Квашенников Владислав Игоревич – аспирант инженерно-физического факультета высокоэнергетических процессов обработки материалов Красноярского государственного технического университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – создание математических моделей.

Ким Юрий Владимирович – аспирант Государственного университета цветных металлов и золота, специалист ОАО «РУСАЛ». Окончил Государственный университет цветных металлов и золота в 2004 г. Область научных интересов – металлургия легких металлов.

Ковалев Валерий Иванович – доцент Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский технологический институт в 1964 г. Область научных интересов – теория и практика размола волокнистосодержащих материалов.

Кожухов Виктор Анатольевич – ассистент Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 1999 г. Область научных интересов – исследования в области ножевого размола волокнистых материалов.

Колмыков Владимир Афанасьевич – кандидат технических наук, генеральный директор ФГУП «Красмаш», Заведующий кафедрой организации производства и инвестиций Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил завод-втуз – филиал Красноярского политехнического института в 1988 г. Область научных интересов – экономика организации и управления производством.

Кузнецова Вера Альбертовна – кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры финансов и кредита финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Хабаровский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – финансовое управление на коммерческих предприятиях.

Курохтин Виталий Валерьевич – магистр техники и технологии, аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – управление экономическими системами, моделирование дискретных систем.

Лопатина Екатерина Сергеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры МиТИОМ Государственного университета цветных металлов и золота.

Марченко Роман Александрович – ассистент Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2000 г. Область научных интересов – исследования в области гидродинамического размола волокнистых материалов.

Машуков Анатолий Васильевич – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой физики Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский государственный политехнический институт. Область научных интересов – физика минералов.

Медведев Владимир Липатович – директор института гражданской авиации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, заслуженный пилот России. Окончил Красноярский государственный университет в 1982 г.

Мещеряков Роман Валерьевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора центра технологий безопасности Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Окончил Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова в 1997 г. Область научных интересов – информационная безопасность, теория информации, искусственный интеллект, обработка речи.

Набиева Анна Александровна – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного технологического университета. Окончила Красноярскую государственную технологическую академию в 1996 г. Область научных интересов – исследования в области ножевого размола волокнистых материалов.

Надточий Дмитрий Сергеевич – аспирант Красноярского государственного технического университета. Область научных интересов – математическое обеспечение электротехнологического оборудования.

Наймушин Алексей Сергеевич – ассистент кафедры ГМиК Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2004 г. Область научных интересов – повышение эффективности извлечения золота при высоком содержании глинистого материала применительно к техногенным месторождениям.

Некрасова Анастасия Александровна – магистр техники и технологии, аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет в 2003 г. Область научных интересов – управление экономическими системами, моделирование дискретных систем.

Нечаев Андрей Сергеевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, маркетинга и психологии управления Ангарской государственной технической академии. Область научных интересов – российские и зарубежные стандарты учета.

Никитин Дмитрий Александрович – аспирант, старший преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный политехнический институт в 2004 г. Область научных интересов – цифровая обработка сигналов.

Огнев Дмитрий Владимирович – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики, маркетинга и психологии управления Ангарской государственной технической академии. Область научных интересов – менеджмент, российские и зарубежные стандарты учета.

Олейникова Наталья Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии тяжелых цветных металлов Государственного университета цветных металлов и золота, докторант.

Онуфриенок Виктор Васильевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский государственный университет в 1976 г. Область научных интересов – физика минералов.

Осипов Владимир Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики факультета фундаментального образования Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Томский политехнический институт в 1953 г. Область научных интересов – теория приближения, теория автоматического управления.

Осипов Владимир Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики факультета фундаментального образования Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 1997 г. Область научных интересов – теория автоматического управления, математическое моделирование динамических объектов и систем.

Павлов Евгений Александрович – аспирант Красноярского государственного технического университета. Окончил Красноярский государственный технологический университет в 2003 г. Область научных интересов – математическое моделирование и оптимизация технологического оборудования и процессов, магнитная гидродинамика.

Пещанский Алексей Сергеевич – аспирант кафедры обработки металлов давлением Государственного университета цветных металлов и золота.

Пискажова Татьяна Валериевна – кандидат технических наук, менеджер отдела ООО «Инженерно-технологический центр» ОАО «РУСАЛ». Окончила Красноярский государственный университет в 1985 г. Область научных интересов – математическое моделирование динамики параметров процессов электролиза.

Поляков Петр Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой металлургических металлов и получения глинозема Государственного университета цветных металлов и золота.

Плетюхин Александр Сергеевич – ведущий программист кафедры обработки металлов давлением Государственного университета цветных металлов и золота.

Потылицына Любовь Александровна – аспирант кафедры философии Красноярского государственного технического университета. Окончила Красноярский государственный политехнический университет в 2003 г. Область научных интересов – социальная философия, философия сознания.

Решетова Наталья Сергеевна – кандидат технических наук, доцент Сибирского государственного технологического университета. Область научных интересов – исследования в области гидродинамического размола волокнистых материалов.

Росошек Семен Константинович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Окончил Томский государственный университет в 1972 г. Область научных интересов – криптография, информационная безопасность, теория информации.

Сангадиев Зандра Гэндэнович – доктор экономических наук, профессор, директор института менеджмента и социальных технологий Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Восточно-Сибирский технологический университет в 1979 г. Область научных интересов – стратегическое управление, организация производства.

Санжимитупов Дамдин Зодбоевич – аспирант кафедры экономики и организации производства Восточно-Сибирского государственного технологического университета. Окончил Российскую академию государственной службы при президенте Российской Федерации. Область научных интересов – экономика и управление агропромышленным комплексом.

Севастьянова Елена Павловна – аспирант Красноярского государственного университета. Окончила Красноярский государственный университет в 2002 г. Область научных интересов – экономическая теория.

Семушева Анастасия Юрьевна – кандидат физико-математических наук, доцент Государственного университета цветных металлов и золота. Окончила Красноярский государственный университет в 2001 г. Область научных интересов – математический анализ.

Сидельников Сергей Борисович – доктор технических наук, профессор, первый проректор–проректор по учебной работе Государственного университета цветных металлов и золота.

Симинчук Светлана Анатольевна – старший преподаватель кафедры физики Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский государственный политехнический институт в 1998 г. Область научных исследований – физика минералов.

Скотников Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры организации планирования инвестиций, проректор по административно-хозяйственной работе Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Область научных интересов – экономика высшей школы, управление предприятиями.

Слюсаренко Владимир Владимирович – магистр техники и технологии, аспирант кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета. Окончил Сибирский государственный технологический университет в 2006 г. Область научных интересов – управление экономическими системами, моделирование дискретных систем.

Соколов Руслан Евгеньевич – аспирант кафедры обработки металлов давлением Государственного университета цветных металлов и золота.

Сочнева Елена Николаевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и права Красноярского государственного торгово-экономического института. Окончила Красноярский государственный технический университет в 1996 г. Область научных интересов – социальная политика.

Супрун Владимир Николаевич – начальник Красноярской железной дороги. Окончил Днепропетровский институт железнодорожного транспорта в 1978 г. Область научных интересов – системный анализ системы управления железнодорожным транспортом.

Суховольский Александр Владиславович – аспирант Института мировой экономики и международных отношений Российской академии наук. Окончил Красноярский государственный педагогический университет в 1996 г. Область научных интересов – анализ политических и электоральных процессов.

Тимофеев Виктор Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры электротехнологии и электротехники Красноярского государственного технического университета. Окончил Красноярский государственный технический университет в 2003 г. Область научных интересов – математическое моделирование и оптимизация технологического оборудования и процессов, магнитная гидродинамика.

Филатов Виктор Васильевич – кандидат технических наук, профессор кафедры летательных аппаратов Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации. Окончил Ленинградский механический институт в 1963 г. Область научных интересов – ракетно-космическая техника, проблемы аэрокосмического образования.

Фомина Лариса Александровна – старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета финансово-экономического факультета Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончила Красноярский государственный институт цветных металлов имени М. И. Калинина в 1991 г. Область научных результатов – проблемы внешнеэкономической деятельности организаций.

Ханов Владислав Ханифович – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Окончил Красноярский государственный политехнический институт в 1986 г.

Чащина Анна Александровна – старший преподаватель кафедры социальной работы и социологии Сибирского государственного технологического университета. Окончила Сибирский государственный технологический университет. Область научных интересов – социальное проектирование, социальные проекты, социальное конструирование реальности, социальная инженерия, типы общественной организации, социальное проектирование и формы социальной практики.

Чекушин Владимир Семенович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлургии тяжелых цветных металлов Государственного университета цветных металлов и золота.

Черепанов Евгений Викторович – аспирант кафедры открытых горных работ Государственного университета цветных металлов и золота. Окончил Красноярский государственный университет цветных металлов и золота в 2004 г. Область научных интересов – разработка месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом.

Шаймарданов Лев Гайнуллович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, член-корреспондент Международной академии наук высшей школы. Окончил Куйбышевский авиационный институт в 1966 г. Область научных интересов – техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей.

Шелупанов Александр Александрович – доктор технических наук, профессор Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, заместитель председателя регионального отделения вузов России по образованию в области информационной безопасности. Окончил Томский государственный университет в 1975 г. Область научных интересов – информационная безопасность, обработка медико-биологической информации, теоретические основы компьютерной безопасности.

Шиняков Юрий Александрович – кандидат технических наук, заместитель руководителя научно-исследовательской части Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Окончил Томский политехнический институт в 1972 г. Область научных интересов – разработка и исследование аппаратуры регулирования и контроля автономных систем электроснабжения.

Штреслер Кристина Александровна – ассистент кафедры ЭП Государственного университета цветных металлов и золота. Окончила Красноярскую государственную академию цветных металлов и золота в 2004 г. Область научных интересов – проблемы технологической и экологической оценки россыпных месторождения и проектов их обработки.

Юриков Антон Сергеевич – аспирант кафедры обработки металлов давлением Красноярского государственного университета цветных металлов и золота.

СОДЕРЖАНИЕ

Андропов А. В. Повышение точности позиционирования внутритрубных снарядов с использованием данных ГЛОНАСС/GPS. ..3
Архипов А. Г., Поляков П. В. Изучение обжига алюминиевых электролизов при помощи математического моделирования ..8
Барков А. В. Структура проблемно-ориентированного языка испытаний космических аппаратов. 15
Белолипецкий В. М., Пискажова Т. В., Емельяшин М. В. Тепловая динамическая модель для управления технологией электролиза алюминия. 19
Биронт В. С., Дроздова Т. Н., Батурова В. В., Войнич А. Л., Ким Ю. В. Моделирование процессов анодного разрушения поверхности никелевых сплавов в условиях высокотемпературного электролиза 25
Бойко О. Г., Зосимов А. Г., Шаймарданов Л. Г. Проблемы и возможности изменения стратегий технической эксплуатации агрегатов самолетов гражданской авиации 30
Бураченко М. В. Алгоритм понижения кратности интеграла рациональной алгебраически точной дифференциальной формы с квазиэллиптическим знаменателем 34
Бычков П. С., Власов О. А. Изменение фазового состава оксидов меди при сульфидировании 43
Васильев С. Б. Применение функции качества, зависящей от массы, при исследовании усреднительных систем 47
Васильева С. П. Представление о форме географических объектов в топонимической картине мира 51
Винокуров Г. М. Развитие коммерческого расчета в сельском хозяйстве 57
Врублевская О. А. О сущности понятия «социальное взаимодействие» в научных исследованиях 60
Гринберг Г. М. Многофакторный и многоступенчатый способ организации деловой игры 66
Дворецкая Ю. Б. Выявление ассоциаций химических элементов в цепи «источник загрязнения – техногенный поток – депонирующая среда» на примере Ачинской городской агломерации 72
Демченко С. К. Структурные преобразования и мультипликативные эффекты в сфере потребления в российской экономике 78
Докшанин С. Г., Докшанина И. И. Снижение контактных напряжений в подшипниках качения применением смазочных материалов с наносчастицами 83
Доррер М. Г., Курохтин В. В. Решение задачи прямого и обратного преобразования между цветной сетью Петри и моделью бизнес-процессов 87
Доррер М. Г., Некрасова А. А. Восстановление структуры модели бизнес-процессов организации на основании параметров цепи Маркова, рассчитанных исходя из данных электронного документооборота 90
Доррер М. Г., Слюсаренко В. В. Идентификация числовых параметров бизнес-процессов по данным автоматизированной системы управления 96
Епина М. Б. Логико-смысловая модель педагогической толерантности 99
Ермякина Н. А. Способы отрицания в говоре российских немцев Манского района Красноярского края 103
Загиров Н. Н., Юриков А. С. Использование сыпучих отходов алюминиевых сплавов для получения прутков и проволоки небольшого сечения 108
Зырянов В. В. Топливно-энергетический баланс в системе управления региональным топливно-энергетическим комплексом 111
Ибрагимов М. З. Планирование объема предоставляемых услуг предприятиями городского пассажирского транспорта в условиях рынка 115
Игнатов А. С., Хижняк С. В., Степень Р. А. Влияние технологических факторов на начальной стадии выделения корового пихтового масла 120
Карбышев М. А., Алашкевич Ю. Д., Набиева А. А. Влияние геометрического построения ножевой гарнитуры на процессе обработки волокнистой суспензии 123
Квашенников В. И. Международные системы классификации опасных космических объектов 128
Кожухов В. А., Ковалев В. И., Алашкевич Ю. Д. Ударный эффект при воздействии ножевой гарнитуры как фактор повышения качества размола 130
Колмыков В. А. Интеграция вузовской науки и производства – эффективный путь инновационного развития предприятия 133

Кузнецова В. А., Фомина Л. А. Государственное регулирование внешнеторговой деятельности предприятий 135
Марченко Р. А., Алашкевич Ю. Д., Решетова Н. С. Безножевая обработка волокнистой суспензии с использованием подвижной преграды 140
Машуков А. В., Онуфриенок В. В. Магнитные превращения в нестехиометрических минералах типа пирротина 145
Машуков А. В., Онуфриенок В В., Симинчук С. А. Ферримагнитные пирротины в метастабильном состоянии 150
Медведев В. Л. Мультимодальный транспортный узел в Красноярском крае 155
Медведев В. Л., Бойко О. Г., Зосимов А. Г., Шаймарданов Л. Г. Методика оценки надежности функциональных систем самолетов гражданской авиации по статистическим материалам эксплуатанта 159
Медведев В. Л., Зосимов А. Г., Шаймарданов Л. Г. Надежность функционвльных систем длительно эксплуатирующихся самолетов гражданской авиации 165
Мещеряков Р. В., Росошек С. К., Шелупанов А. А., Сонькин М. А. Защищенная сеть передачи данных на основе пакетного контроллера 171
Мичурин М. В. Проблема взаимоотношений «учитель – ученик» в педагогическом сопровождении 176
Наймушин А. С. О возможности применения ультразвуковых колебаний при обработке высокоглинистых техногенных месторождений 180
Огнев Д. В., Нечаев А. С., Дубынин А. Р. Стратегия привлечения инвестиций в промышленность России 184
Олейникова Н. В., Чекушин В. С. Термодинамика восстановления меди из кислородных и сульфидных соединений 188
Осипов В. М., Осипов В. В. Устойчивость теплицевых матриц и их положительная определенность 194
Павлов Е. А., Боговалов С. В., Тимофеев В. Н., Надточий Д. С. Магнитогидродинамическое перемешивание алюминиевых раплавов в миксерах сопротивления 201
Потылицин Л. А. Особенности построения образа мира у слепоглухонемых лиц 206
Сангадиев З. Г., Аюшева Л. А. Оценка инновационного потенциала региона 211
Сангадиев З. Г., Скотников С. Н., Жирнова А. Ю. Методика прогнозирования потребности экономики региона в специалистах 216
Санжимитупов Д. З. Лизинг как метод финансовой поддержки субъектов малого предпринимательства 221
Севастьянова Е. П. Эволюция роли банковской системы в создании финансовых условий экономического роста в рыночной экономики 224
Семушева А. Ю. Области сходимости гипергеометрических рядов в теории многообразий Калиби – Яу 230
Сидельников С. Б., Довженко Н. Н., Горбунов Ю. А., Гобунов Д. Ю., Лопатина Е. С., Соколов Р. Е. Разработка новых технологий комбинированной обработки силуминов 233
Сидельников С. Б., Довженко Н. Н., Соколов Р. Е., Пещанский А. С., Плетюхин С. А. Проектирование инструмента и технологии для получения полых профилей комбинированными методами обработки 236
Сочнева Е. Н. Формы и направления политики социального государства 239
Супрун В. Н. Анализ системных связей основных показателей работы железнодорожного транспорта 244
Суховольский А. В. Методы оценки уровня конкуренции на выборах (на примере местных выборов в г. Красноярске) 249
Филатов В. В. Особенности современного этапа развития аэрокосмической промышленности и новые требования в подготовке специалистов 253
Чащина А. А. Метафизика и диалектика социальных проектов 257
Чекушин В. С., Олейникова Н. В. Концепция формирования современных технологий переработки сырья тяжелых цветных металлов 263
Черепанов Е. В. Обоснование технологии горных работ на рудных карьерах имеющих отставание по вскрыше 267
Шиняков Ю. А. Способы управления энергопреобразующими устройствами системы электроснабжения автоматических космических аппаратов 271
Штлеслер К. А. О проблемах технологической и экологической оценки месторождений россыпного золота и инвестиционной недостаточности экологических платежей 277

CONTENTS

Andropov A. V. Raise of accuracy of positioning of intratrumpet inspection gears with use of data GLONASS/GPS ..3
Arkhipov A. G., Polyakov P. V. Aluminum reduction cell preheat studying using mathematical modeling ..8
Barkov A. V. Structure of the problem-oriented language of spacecrafts tests 15
Belolipetsky V. M., Piskazhova T. V., Emelyashin M. V. Heat dynamic model for controlling of aluminium electrolysis process 19
Biront V. S., Drozdova T. N., Baturova V. V., Voinich A. L., Kim Yu. V. Modelling of nickel alloys surface anodic corrosion processes in high-temperature electrolysis condition 25
Boyko O. G., Zosimov A. G., Shaymardanov L. G. The technical exploitation of civil aviation airplanes aggregates problems and possibilities of strategies changing 30
Burachenko M. V. Algorithm of integral multiplicity reducing for rational algebraically exact differential form with quasielliptic denominator 34
Bychkov P. S., Vlasov O. A. Changing of copper oxides phase structure at sulfur introduction 43
Vasilyev S. B. Application of quality function depending on weight during investigation of averaging systems 47
Vasilyeva S. P. Ideas of the form of geographical objects in toponymic picture of world 51
Vinokurov G. M. Development of commercial calculation in the agriculture 57
Vrublevskaya O. A. About the essence of the notion «social interaction» in science researches 60
Grinberg G. M. Multifactor and multistage technique of business game organization 66
Dvoretskaya U. B. Detection of chemical elements associations in the «Contamination source – technologic flow – deposit environment» chain on the example of Achinsk town agglomeration 72
Demchenko S. K. Structural reformations and multiplicative effects in the sphere of consumption in the Russian economy 78
Dokshanin S. G., Dokshanina I. I. Decreasing of the contact voltage in rolling bearing using lubricants with nanoparticles 83
Dorrer M. G., Kurokhtin V. V. Decision of task of direct and reverse transformation between colored petri nets and businessmodels 87
Dorrer M. G., Nekrasova A. A. Restoration of structure of the business-processes model of the organization on the basis of the parameters of Markovs chain calculated on the workflow-system data 90
Dorrer M. G., Slyusarenko V. V. Identification of figure parameters of business-process by automatized control system data 96
Yepina M. B. Logic-sense model of pedagogical tolerance 99
Ermyakina N. A. Negation in manner of speech of Russian Germans in Mansky district (Krasnoyarsk region) 103
Zagirov N. N., Yurikov A. S. The usage of granular wastes of aluminium alloys for producing of small section rods and wires 108
Zyryanov V. V. Supply–demand balance in the regional Supply–demand complex management system 111
Ibragimov M. Z. Planning of the city passenger transport service volume runder market economy 115
Ignatov A. S., Khizhnjak S. V., Stepen R. A. Influence of technological factors on the initial stage of allocation from a bark of fir oil 120
Karbyshev M. A., Alashkevich Ju. D., Nabieva A. A. Influence of geometrical construction of knife garniture on the fibred treatment suspension process 123
Kvashennikov V. I. The international systems of classification of dangerous space objects 128
Kozhukhov V. A., Kovalev V. I., Alashkevich J. D. Shock effect at influence of knife garniture as a factor of upgrading grinding 130
Kolmykov V. A. Integration of high school science and industry is an effective way of innovative enterprise development 133
Kuznetsova V. A., Fomina L. A. State regulation of enterprises foreign trade activity 135
Marchenko R. A., Alashkevich Ju. D., Reshetova N. S. Non-blade processing of fibred suspense using the mobile barrier 140
Mashukov A. V., Onufriyonock V. V. Magnetic transformations in non-stechiometric minerals of pyrrotite type 145

Mashukov A. V., Onufrienock V. V., Siminchuk S. A. Ferri-magnetic pyrrotites in a metastable condition 150
Medvedev V. L. Multimodal transport junction in Krasnoyarsk region..... 155
Madvedev V. L., Boyko O. G., Zosimov A. G., Shaymardanov L. G. The estimating method of the civil aviation airplanes functional systems reliability with a help of the user's statistic materials..... 159
Medvedev V. L., Zosimov A. G., Shaymardanov L. G. Reliability of the functional systems of long exploiting civil aviation airplanes 165
Mescheriakov R. V., Rososhek S. K., Shelupanov A. A. The protected data transmission network on the message controller basis 171
Mitchourin M. V. Problem of «teacher – student» relationship in the pedagogical accompanying..... 176
Naymushin A. S. About a feasibility of ultrasonic oscillations at improvement of high include clay anthropogenic deposits..... 180
Ognev D. V., Nechaev A. S., Dubynin A. R. The strategy of investment attractions in Russian industry..... 184
Oleynikova N. V., Chekushin V. S. Thermodynamics of cupper recovering from oxygen and sulphide compounds 188
Osipov V. M., Osipov V. V. Stability of Toeplitz type matrixes and their positive determination 194
Pavlov E. A., Bogovalov S. V., Timofeev V. N., Nadtochiy D. S. Magnetohydrobynamic mixing of aluminum alloys in resistive tilting furnaces..... 201
Potylitsina L. A. The peculiarities of the world outlook forming of blind-and-deaf people..... 206
Sangadiev Z. G., Ayusheeva L. A. Estimation of innovative potential of the region 211
Sangadiev Z. G., Skotnikov S. N., Zhyrnova A. U. Forecasting methods of the region economy needs for specialists 216
Sanjimitoupov D. Z. Lising as a financial support method of small business subjects 221
Sevastyanova E. P. Evolution of banking system role in creation of financial conditions of economic growth in market economy 224
Semusheva A. Yu. Convergence domains of hypergeometric series in manifolds of Kalaby – Yau theory..... 230
Sidelnikov S. B., Dovzhenko N. N., Gorbunov Ju. A., Gorbunov D. Y., Lopatina E. S., Sokolov R. E. Designing of new technologies for combined processing of the aluminium-silicon alloys..... 233
Sidelnikov S. B., Dovzhenko N. N., Sokolov R. E., Petshansky A. S., Pletykhin S. A. Designing of tool and technology for producing hollow welded structures by combined methods 236
Sochneva E. N. The forms and directions of social state policy 239
Suprun V. N. System analysis of relations between railway transport main operation factors..... 244
Suhovolsky A. V. Methods of the competition level estimation on elections (on the example of local elections in Krasnoyarsk)..... 249
Philatov V. V. Peculiarities of modern stage of aerospace industry development and new requirements for specialists training..... 253
Chaschina A. A. Metaphysics and dialectic of social projects..... 257
Chekushin V. S., Oleynikova N. V. The concept of modern technologies formation for heavy nonferrous raw material processings 263
Cherepanov E. V. The substantiation of mining technology at ore opencasts having overburden backlog 267
Shinjakov Yu. A. Control methods of energy conversion devices in the power supply systems of automatic space vehicles 271
Shtresler K. A. About the problems of technological and ecological estimation of gold deposits and invairomental progects invest..... 277